

**André Araújo**  
**Ary Antonio Todaro Jr.**

**A HIGIENE OCUPACIONAL COMO INSTRUMENTO  
DE PRESERVAÇÃO DA SAÚDE DOS TRABALHADORES  
DE UM SETOR DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES  
DE METAIS DE UMA EMPRESA METALÚRGICA**

Monografia apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para obtenção  
de título de especialista em Higiene Ocupacional

São Paulo  
2005

EPMI  
ESP/HO – 2005  
Ar15a

**André Araújo**  
**Ary Antonio Todaro Jr.**

**A HIGIENE OCUPACIONAL COMO INSTRUMENTO  
DE PRESERVAÇÃO DA SAÚDE DOS TRABALHADORES  
DE UM SETOR DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES  
DE METAIS DE UMA EMPRESA METALÚRGICA**

Monografia apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para obtenção  
de título de especialista em Higiene Ocupacional

São Paulo

2005

## **AGRADECIMENTOS**

Nossos agradecimentos aos idealizadores do Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE) e a equipe de professores do Curso de Especialização em Higiene Ocupacional Modalidade EAD  
Turma 2003-2004 da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

## RESUMO

Este trabalho advém do estudo do ambiente de trabalho de uma empresa metalúrgica, que produz artefatos de arame. Fazem parte do processo produtivo as atividades de corte, endireitamento, estamparia e galvanoplastia de arames e tubos.

Tem como principais clientes, empresas fabricantes de produtos da chamada linha branca, com foco no segmento de fogões.

Direcionamos nosso estudo para o setor de galvanoplastia da empresa, pois é nele que encontramos o ambiente com o maior número de agentes **potencialmente** nocivos.

O processo de tratamento de superfícies de metais foi avaliado à luz do estudo da bibliografia consultada, das avaliações técnicas “in loco”, através de registros fotográficos, além do levantamento dos dados clínicos dos funcionários do setor e da análise dos dados existentes no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – P.P.R.A.

Os resultados mais significativos encontrados no P.P.R.A. foram correlacionados às informações clínicas e laboratoriais referentes à população de trabalhadores dos setores de Banhos e Decapagem.

A análise dos fatores considerados demonstrou que os agentes químicos gerados no processo, como o cromo, cobre, níquel e os ácidos, estão sendo controlados através dos recursos de E.P.C's e E.P.I's.

Porém, apesar das recomendações contidas no P.P.R.A. referentes às atividades dos ajudantes gerais, as mesmas não foram eficientes quanto ao objetivo de diminuir os índices de dermatoses ocupacionais registrados no setor de tratamento de superfícies.

Portanto, acreditamos que a Análise Ergonômica do Trabalho dos setores de Banhos e Decapagem poderá transformar o atual processo de trabalho, potencializando as ações de Higiene Ocupacional e contribuindo para que o seu maior objetivo seja atingido: a preservação da saúde dos trabalhadores.

## ABSTRACT

This study is about the working conditions in a metallurgic company that produces wire artifacts. The process consists in iron cutting, straightening, galvanoplastry on wires and tubes.

The major clients are companies that produce domestic appliances such as stoves.

We focused our research in galvanoplastry's section because the majority of harmful chemical agents are found there.

The treatment on metal surfaces was examined in relation to specific bibliography as well as "in loco" technical exams by photographic records; in addition, the employees' medical records were examined and also P.P.R.A. data base.

The most relevant results found in P.P.R.A. data base were crossed with medical records and laboratory exams concerning employees who work in galvanoplastry section.

The analysis showed that harmful chemical agents such as Cr, Cu, Ni and acids have been controlled by E.P.C.'s and E.P.I.'s resources.

Despite P.P.R.A. recommendations on employee's activities, the work accident's rates hasn't fall.

In conclusion, employee's health conditions have take preserved and, in order to achieve this goal, the ergonomic analysis on working conditions may transform the current working process by increasing hygiene in the work place.

## SUMÁRIO

(Agradecimentos) .....	i
(Resumo) .....	ii
(Abstract) .....	iii
Sumário .....	iv
Lista de Figuras .....	vii
Lista de Tabelas .....	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas .....	ix
Lista de Símbolos .....	x

1.	Introdução .....	01
1.1	Contextualização .....	01
1.2	Objetivos .....	04
1.3	Justificativas .....	04
2.	Revisão Bibliográfica .....	05
2.1	O propósito do revestimento metálico .....	05
2.2	O revestimento metálico .....	05
2.3	Revestimento anódico .....	06
2.4	Revestimento catódico .....	07
2.5	Métodos de aplicação .....	07
2.6	O cromo decorativo .....	08
2.7	Materiais que sofrem eletrodeposição do cromo .....	09
2.8	Etapas de um processo galvânico .....	09
2.8.1	Pré-tratamento mecânico .....	09
2.8.2	Pré-tratamento químico .....	10
2.8.2.1	Desengraxamento .....	11
2.8.2.2	Decapagem .....	12
2.8.2.3	Eletrodeposição .....	13
2.8.3	Os processos galvânicos .....	15
2.8.3.1	Anodização .....	15
2.8.3.2	Cromo decorativo .....	17
2.8.3.2.1	Banho de cobre alcalino ou cianídrico .....	17
2.8.3.2.2	Banho de cobre ácido .....	18
2.8.3.2.2.3	Banho de níquel .....	18
2.8.3.2.2.4	Banho de cromo .....	19
2.8.3.3	Banho de cromo duro .....	20
2.9	Processo produtivo .....	21
2.9.1	Fluxo de produção .....	21
2.9.2	Banho alcalino .....	22
2.9.2.1	Desengraxe .....	26
2.9.2.2	Desengraxe alcalino .....	26

2.9.2.3	Desengraxe eletrolítico .....	26
2.9.2.4	Desengraxe com solventes .....	27
2.9.2.5	Desengraxe com emulsões .....	28
2.9.2.6	Verificação do desengraxe .....	28
2.9.3	Decapagem .....	28
2.9.3.1	Fatores que influenciam no mecanismo da decapagem .....	29
2.9.3.1.1	O metal .....	29
2.9.3.1.2	Os óxidos .....	29
2.9.3.1.3	Os ácidos .....	30
2.9.3.2	Mecanismo da decapagem .....	30
2.9.3.3	Danos da decapagem .....	31
2.9.3.4	A escolha do ácido .....	31
2.9.3.4.1	Ácido clorídrico .....	32
2.9.3.4.2	Ácido sulfídrico .....	33
2.9.3.5	Decapagem eletrolítica .....	33
2.9.4	Lavagem .....	34
2.9.5	Neutralização .....	35
2.9.6	Banhos .....	36
2.9.6.1	Banhos de cobre ácido .....	36
2.9.6.1.1	Penetração e nivelamento .....	37
2.9.6.1.2	Controle e manutenção .....	37
2.9.6.1.3	Equipamentos .....	38
2.9.6.2	Banhos de níquel .....	38
2.9.6.3	Banhos de cromo .....	39
2.10	Agressões à saúde causada pelo cromo, níquel, cobre e ácidos .....	40
2.10.1	Definição de dermatose ocupacional .....	40
2.10.2	Dermatoses ocupacionais causadas pelos sais de cromo .....	41
2.10.3	Dermatose irritativa de contato .....	42
2.10.4	Dermatite alérgica de contato .....	43
2.10.5	Erupções acneiformes e miliária rubra .....	43
2.10.6	Ações do cromo hexavalente sobre as vias aéreas superiores .....	43
2.10.7	Perfuração do septo nasal .....	43
2.10.8	Câncer brônquico .....	44
2.10.9	Asma .....	44
2.10.10	Outras manifestações clínicas .....	44
2.10.11	Medidas preventivas .....	44
2.11	Dermatoses causadas pelo níquel .....	44
2.11.1	Dermatites de contato causadas pelo níquel .....	45
2.11.2	Urticária de contato pelo níquel .....	46
2.11.3	Medidas preventivas .....	46
2.12	Dermatoses causadas pelo cobre .....	47
2.12.1	Dermatite irritativa pelo cobre .....	47
2.10.2	Dermatite alérgica de contato pelo cobre .....	47
3.	Metodologia .....	48
4.	Apresentação de resultados .....	48
4.1	Bibliografia consultada .....	48
4.2	Visita em loco e levantamento fotográfico .....	48

4.2.1	Identificação da empresa.....	49
4.2.2	Instalações da empresa.....	50
4.2.2.1	Linha 1 – linha de produção antiga .....	50
4.2.2.2	Banhos .....	51
4.2.2.3	Decapagem .....	52
4.2.3	Características da população .....	53
4.2.3.1	Perfil dos trabalhadores.....	53
4.2.3.2	Relação entre as funções e a quantidade de funcionários .....	53
4.2.3.2	Descrição das funções .....	54
4.3	Resultados obtidos através dos levantamentos ambientais do PPRA .....	55
4.3.1	Definição de grupos homogêneos de exposição .....	55
4.3.2	Ruído .....	55
4.3.3	Iluminação .....	55
4.3.4	Calor .....	56
4.3.5	Concentração de contaminantes no ar nas áreas de banhos .....	57
4.3.5.1	Áreas de banhos ACGIH .....	57
4.3.5.2	Área de recapagem .....	58
4.3.5.3	Áreas de Banhos NR 15 .....	59
4.3.5.4	Área de decapagem NR 15 .....	61
4.4	Levantamento das condições de saúde dos funcionários banhos .....	62
4.4.1	Indicador biológico NR-7 para o cromo .....	63
5	Discussão dos resultados.....	64
5.1	Meios de proteção – evidências .....	64
5.1.1	Equipamento de Proteção coletiva .....	64
5.1.2	Equipamento de Proteção individual .....	64
5.2	Limites de tolerância .....	67
5.3	Nível de ação .....	67
5.4	Ventilação local exaustora .....	68
5.5	Alterações clínicas .....	68
5.6	A ergonomia .....	68
6	Conclusão .....	70
7	Bibliografia .....	72
7.1	Lista de referência .....	72
7.2	Bibliografia recomendada .....	70



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxo de Produção .....	21
Figura 2	Tanques galvânicos .....	50
Figura 3	Tanques galvânicos .....	50
Figura 4	Banhos .....	51
Figura 5	Decapagem.....	52
Figura 6	Ventilação local exaustora .....	65
Figura 7	Uso de EPI na decapagem .....	66
Figura 8	Uso de EPI nos banhos .....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Índices atualizados de acidentes do MTE .....	02
Tabela 2	Banho sulfato de cobre .....	36
Tabela 3	Nível de escolaridade dos funcionários .....	53
Tabela 4	Tabela de funções x quantidade de funcionários .....	53
Tabela 5	Tabela de descrição das funções .....	54
Tabela 6	Tabela de definição dos grupos homogêneos de exposição .....	55
Tabela 7	Tabela de nível de pressão sonora .....	55
Tabela 8	Tabela demonstrativa do nível de iluminamento .....	55
Tabela 9	Tabela de resultados das medidas de temperatura ambiente .....	56
Tabela 10	Conjunto de tabelas - Concentração dos contaminantes no ar nas áreas de banhos 1 .....	57
Tabela 11	Conjunto de tabelas - Concentração dos contaminantes no ar nas áreas de decapagem 1 .....	58
Tabela 12	Conjunto de tabelas - Concentração dos contaminantes no ar nas áreas de decapagem e banhos 2 .....	59/61
Tabela 13	Conjunto de tabelas - Concentração dos contaminantes no ar nas áreas de decapagem 2.....	61
Tabela 14	Quadro de indicador biológico NR 7 .....	63
Tabela 15	Critérios diagnósticos .....	63
Tabela 16	Resultado obtido do indicador biológico cromo .....	63

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas  
AGIH – Guide of American Conferense of Governamental Industry Higienists  
AIHA – American Industrial Hygienist  
CE – Coeficiente de exposição  
EPC – Equipamento de proteção coletiva  
EPI – Equipamento de proteção individual  
FD – Fator de desvio  
IBUTG- Índice de Bulbo Úmido - Termómetro de Globo  
IPVS – Imediatamente Perigoso a Vida ou a Saúde  
LT – Limite de tolerância  
MSDS –Matrerial Safety Datea Sheeth  
NHO – Avaliação de expoxição --Fundacentro  
NIOSH – National Institute Ocupaccional Safety and Health  
NHT – Norma de Higiene do Trabalho  
NR – Norma regulamentadora  
PPRA- Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais  
TLV - Threshold Limit Values  
TWA – Time Weighted Average  
VLE – Ventilação local exaustora  
VT – Valor teto

## LISTA SÍMBOLOS

L/min – litro por minuto

m/s – metro por segundo

mg/m – miligrama por metro

ppm – parte por milhão

lux – medida de luminosidade

milibar – índice de pressão

celsius – índice de temperatura

mg - miligrama

g/l – grama por litro

Kcal / h - caloria por hora

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização

“Segundo Bertorelle, revestimentos de materiais metálicos e cerâmicos por metais datam de 3.000 anos, já que foram encontrados em escavações de cemitérios romanos, vasos decorados com lâminas de chumbo e objetos cerâmicos com traços metálicos. Além disso, conta Heródoto que, por volta de 530 a.C., Policrate di Samo enganou os espartanos pagando-os com moedas recobertas com chumbo dourado.

Era comum, já na época do Império Romano, recobrir disco de cobre com prata e ouro. O processo era de fusão dos metais nobres.

Em escavações realizadas perto de Bagdá encontraram objetos de decoração da Pérsia antiga, dourados e prateados, em meio a uma rudimentar bateria galvânica.

Brugnatelli pode ser considerado o fundador da galvanotécnica, já que efetuou várias deposições de prata, cobre e zinco e desenvolveu métodos com complexos metálicos amoniacaís.

Em 1838 na Rússia, Moritz Hermann von Jacobi, inventou a galvanoplastia, que é o ramo galvânico de eletrodeposição metálica sobre molde.

O primeiro uso industrial da galvanotécnica foi em 1865, por Isaac Adams, que niquelou grande quantidade de material ferroso.” (SILVA,1999)

“Infelizmente, na realidade brasileira, de modo geral, o ambiente nas galvânicas está muito distante das condições ideais de segurança e higiene ocupacional. No que se refere à qualidade das peças submetidas ao processo galvânico, pode-se observar um aprimoramento da técnica e da tecnologia para atender ao mercado consumidor, mas a preocupação com o ambiente de trabalho, para proteger a saúde do trabalhador inexistente na grande maioria das indústrias.” (SILVA,1999)

“No Brasil, apesar de não ser o mais adequado, é muito utilizado o termo galvanoplastia para os processos de eletrodeposição, como também o de processo galvânico. Os técnicos ligados ao revestimento de materiais com a finalidade de protegê-los contra a corrosão, embelezar as peças e aumentar a resistência ao atrito usam o termo tratamento de superfícies. Porém, ele não se restringe aos processos

de eletrodeposição, incluindo a pintura, cementação, deposição com metal fundido, etc.” (SILVA,1999).

Segundo dados do Ministério do Trabalho e Emprego, para o segmento de tratamento de superfícies, os números referentes aos índices de acidentes de trabalho, óbitos, mortalidade e letalidade para o CNAE: 28.39-8 (Têmpera, Cementação e Tratamento Térmico) entre os anos de 1998 e 2000 foram:

Tabela 1 – Índices atualizados de acidentes do MTE

Ano	Emprego	Acidentes	Incidência	Óbitos	Mortalidade	Letalidade
2000	23.249	653	2,81	4	17,21	6,13
1999	17.998	628	3,49	3	16,67	4,78
1998	17.142	831	4,85	6	35,00	7,22

Fonte: RAIS-CAGED/MPAS - 2005

Os números demonstram os riscos potenciais em relação a acidentes e óbitos na atividade de tratamento de superfícies.

A galvanização é uma atividade industrial onde as concentrações existentes no ambiente de trabalho como as névoas ácidas nos processos de decapagem e anodização, as névoas alcalinas e cianídricas nos processos de desengraxe eletrolítico; os vapores e névoas de metais pesados como o cobre, zinco e níquel, além das névoas provenientes dos banhos de cromo (ácido crômico), todas essas substâncias são muito prejudiciais à saúde do trabalhador.( ALI, S.A.).

É diante desse quadro, onde os trabalhadores se expõem diariamente a vários tipos de risco, que a Higiene Ocupacional, procura vencer seu grande desafio: conforme a Norma Regulamentadora Nº 9 aprovada pela portaria nº. 3.214 de 1978: “preservar a saúde e a integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho”.

Mais que isso: “devendo estar articulado com o exposto nas demais NR’s em especial com o P.C.M.S.O.”.

“Segundo os princípios da Higiene Ocupacional, a ocorrência da doença profissional, dentre outros fatores, depende da natureza, da intensidade e do tempo de exposição ao agente agressivo. Com base nesses fatores foram estabelecidos limites de tolerância para os referidos agentes que, no entanto, representam um valor numérico abaixo do qual se acredita que, a maioria dos trabalhadores expostos

a agentes agressivos, durante sua vida laboral, não contrairá doença profissional.”  
(SALIBA,2002)

### **As ciências do homem e a engenharia industrial**

“Até a Segunda Guerra Mundial, as ciências do homem (na sua extensão mais ampla desde a toxicologia até a sociologia) estavam orientadas para a observação dos efeitos do trabalho sobre o homem, em particular dos efeitos perigosos, e para o estabelecimento de regras de proteção à saúde (no século 18: surdez dos caldeiros estudada por RAMAZZINI, câncer dos limpadores de chaminé, por Percival POTT, lei da produtividade de COULOMB. No século 19, enquete sobre a condição operária de VILLERMÉ, etc).

Esse tipo de orientação das pesquisas e estudos continua sendo fundamental, tendo em vista a complexidade e o enrijecimento das situações de trabalho, e a melhoria dos instrumentos de observação (epidemiologia).

Esses trabalhos conduzem a leis (doenças profissionais), a regras, a normas (trabalhos da Association Française de Normalization – AFNOR – ou da International Standard Organisation – ISO).

“Apesar de seu caráter fundamental no estudo do trabalho, esta abordagem tem várias limitações”. (WISNER,1987)

Mas como garantir a eficiência e eficácia dos recursos da Higiene Ocupacional para vencer tais desafios?

## **1.2 Objetivos**

O trabalho apresenta a análise dos agentes nocivos que fazem parte do processo produtivo do setor de tratamento de superfície de uma empresa metalúrgica.

A finalidade do estudo é verificar as condições do ambiente de trabalho das áreas de banhos e decapagem do setor de galvanoplastia, através de levantamentos quantitativos e qualitativos.

Correlacionar os parâmetros ambientais verificados às condições de saúde da população exposta através dos dados clínicos fornecidos pela empresa.

Avaliar a eficiência e eficácia do P.P.R.A., enquanto ferramenta de Higiene Ocupacional, no gerenciamento dos riscos ambientais e na preservação da saúde de seus colaboradores.

Destacar a importância da Análise Ergonômica do Trabalho como ferramenta complementar às ações do P.P.R.A. no intuito de alcançar o objetivo maior da Higiene Ocupacional, qual seja, a preservação da saúde dos trabalhadores.

## **1.3 Justificativas**

Considerando as condições precárias encontradas nos ambientes de trabalho das galvanicas; Considerando a abordagem que o mercado da engenharia e segurança do trabalho apresenta com relação aos P.P.R.A.'s; Considerando, ainda, os representativos índices de agravos à saúde da população exposta e as conseqüentes doenças inerentes à atividade galvânica. Tornou-se imperativo o desafio do entendimento das reais condições de trabalho, ampliando o espectro de análise inicialmente considerado.



## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1 O Propósito do processo de revestimento metálico**

A moderna tecnologia desenvolvida pelo homem é baseada em uma sofisticada utilização de materiais metálicos, abrangendo uma enorme gama de propriedades que somente estes materiais podem atender. A quantidade de metais usados cresce continuamente, e cada vez mais a demanda por melhores ligas para atender as exigências mais apuradas, fez evoluir as técnicas metalúrgicas, as quais têm fornecido novos e extraordinários processos para este fim, conforme descrito abaixo.

### **2.2 O revestimento metálico**

O mecanismo geral da proteção de uma superfície metálica é baseado na interposição de uma barreira física contínua entre a superfície protegida e o meio corrosivo. Nas condições de serviço, estas barreiras devem atender a algumas exigências:

- Devem ser quimicamente inertes ou apresentar significativa resistência ao meio em que vão trabalhar;
- Devem ser contínuas, para dar perfeito isolamento;
- Devem ser aderentes à superfície metálica;
- Devem comunicar propriedades mecânicas e físicas tais como: dureza, resistência ao atrito, isolamento elétrico ou térmico, brilho e etc;
- Devem apresentar espessura conveniente tanto no aspecto técnico, como no aspecto econômico.

A boa performance de um revestimento depende da continuidade e da adesão e está baseada em um bom preparo da superfície metálica.

Os materiais usados na proteção abrangem inúmeros produtos que diferem muito entre si, na natureza, na origem, na proteção e no significado prático.

Didaticamente, podemos dividir estes materiais em quatro grandes grupos:

- Metálicos
- Inorgânicos
- Orgânicos
- Cerâmicos

Quase todos os metais podem ser aplicados como revestimentos dos mais diversos materiais, sejam metálicos ou não. Aplicados sobre as superfícies metálicas, exercem sua função protetora segundo diferentes mecanismos:

- Formam camadas protetoras de óxidos, hidróxidos e etc, quando reagem com o meio corrosivo e assim impedem a continuação do ataque. São exemplo os revestimentos de alumínio, cromo e zinco.
- A camada protetora apresenta uma elevada sobrevoltagem de hidrogênio, impedindo desta maneira a continuidade do ataque. São exemplos os revestimentos de estanho, de chumbo, e de Cadmo.
- Apresentam um comportamento anódico ou catódico em relação ao metal base.

### **2.3 Revestimento anódico**

O ânodo é o eletrodo onde há oxidação, onde o metal passa para solução, sofrendo a corrosão. Neste caso, o ferro se dissolve, constituindo a área anódica do processo. É o eletrodo negativo. Estes revestimentos são produzidos pela aplicação de metais que são anódicos em relação ao metal base. O alumínio, o zinco e cádmio são anódicos em relação ao aço, pois seus potenciais de solução são maiores do que o metal base. Se houver qualquer porosidade, descontinuidade ou falha no revestimento, este protegerá anódicamente o metal base, constituindo um exemplo de ânodo de sacrifício.

## 2.4 Revestimento catódico

O cátodo é o eletrodo onde há redução dos íons, não havendo aí processo de corrosão. A área catódica pode ser assimilada a uma área protegida contra a corrosão. Exemplificando, o grafite não entra no processo eletroquímico, servindo apenas de condutor elétrico. É o eletrodo positivo. São obtidos pela aplicação de metais mais nobres do que o metal base. Eles protegem o metal base, pela formação de uma camada contínua e não porosa, isolando-o do meio corrosivo, sendo esta camada imune ao ataque deste meio. Qualquer porosidade ou ruptura desta camada provocará o aparecimento de uma célula galvânica, onde o metal base é o ânodo e, portanto sofrerá uma intensa corrosão localizada. Os revestimentos catódicos aplicados sobre o aço são: o estanho, o chumbo, o níquel, o cromo (passivo), o cobre e os metais raros como prata, ouro e platina.

## 2.5 Métodos de aplicação

Os métodos de aplicação de um revestimento metálico têm grande importância no seu caráter, pois a espessura, uniformidade, composição, densidade, continuidade e aderência são afetadas pelo processo de revestimento; além disto, dos processos de aplicação dependem a qualidade, a aparência e o custo das peças produzidas. Os revestimentos metálicos podem ser aplicados por eletrodeposição, imersão em banho fundido, cementação ou difusão, imersão em soluções, pulverização a jato, justaposição, deposição de metal vaporizado e recobrimentos. Nem todos os metais podem ser aplicados por todos os métodos citados, em virtude de características práticas e econômicas dos processos. Para cada caso, a escolha criteriosa do método de aplicação, contribuirá decisivamente no sucesso da proteção e no rendimento da produção.

Dentre os métodos citados, a eletrodeposição é um dos métodos mais importantes para a produção comercial de revestimentos metálicos; Na eletrodeposição, o metal usado como revestimento, é depositado sobre o metal base pela passagem de uma corrente elétrica contínua, através de uma solução eletrolítica contendo um sal solúvel do metal que constitui o revestimento.

Os metais mais usados neste tipo de aplicação são: o zinco, o estanho, o níquel, o cobre e o cromo.

O cromo é um dos metais usados na eletrodeposição devido a sua grande dureza, sua resistência à corrosão, seu bonito aspecto azulado, seu pequeno coeficiente de fricção e sua inalterabilidade ao calor. Estas propriedades especificam a finalidade de seu emprego.

Os revestimentos metálicos são usados com diferentes finalidades:

- Decorativa: ouro, prata, níquel, cromo, etc.
- Resistência ao atrito.
- Resistência à oxidação em contatos elétricos: estanho, prata, ródio, etc.
- Endurecimento superficial: cromo duro.
- Resistência à corrosão: cromo, níquel, alumínio, zinco, cádmio, etc.
- Pode-se também ter a ação combinada dessas finalidades.

## **2.6 O cromo decorativo**

Provavelmente a propriedade decorativa do cromo mais importante é a sua cor branca azulada. Sua alta reflexibilidade é conservada durante bastante tempo, pois o cromo tem alta resistência ao embaçamento. O cromo tem alta resistência a corrosão, pois não reage quimicamente com umidade, oxigênio ou com concentrações normais de poluentes na atmosfera e ainda apresenta resistência a riscos, que, combinada com a alta durabilidade qualifica o cromo para acabamento final de peças, como maçanetas de automóveis.

## 2.7 Materiais que sofrem eletrodeposição do cromo

Temos uma grande variedade de materiais que podem ter acabamento em cromo decorativo. Os metais comuns são:

Aço, zamak, plástico, aço inoxidável, alumínio, latão e bronze.

Destes, o único que recebe a eletrodeposição direta do cromo é o aço inoxidável. Os demais necessitam de camadas anteriores de cobre e / ou níquel.

Já os plásticos antes das camadas de cobre, níquel e cromo precisam ter sensibilizado com um depósito químico de paládio e cobertos com um fino depósito de cobre ou níquel químico para obter uma camada condutora possibilitando a eletrodeposição.

## 2.8 Etapas de um processo galvânico

É necessário conhecermos o processo galvânico, mas interessa-nos abordá-lo, em especial no que se refere à toxicidade dos produtos utilizados.

Primeiramente, discutiremos os aspectos gerais de um processo galvânico para abordarmos em seguida os tipos de processos galvânicos que especificamente estudaremos.

Geralmente as peças provenientes de um processo de estamparia chegam às galvânicas com rebarbas, oxidadas, com graxa ou óleo. A fim de que haja eletrodeposição perfeita sobre a superfície metálica, elas devem estar limpas e lisas e, para isso, são submetidas a um pré-tratamento químico.

### 2.8.1 Pré-tratamento mecânico

O objetivo dessa etapa é tornar a superfície das peças a serem submetidas ao processo de eletrodeposição lisas e homogêneas, sem sulcos, sem rebarbas; para isso e dependendo do tipo de material, que pode ser o metal e suas ligas, ou mesmo material plástico, as peças podem passar pelo:

- **Esmerilhamento** – em que se removem as rebarbas com esmeril onde é usado normalmente carbeto de silício.

- **Tamboreamento** – em um tambor giratório, as rebarbas de peças pequenas são removidas pelo atrito com pedras artificiais ou porcelanizadas.
- **Riscamento** – em que se alisa e limpa a superfície das peças com escovas de aço ou de fibra. A superfície é dita fosqueada, sendo idêntica a uma superfície metálica submetida ao jateamento de areia.

A limpeza da superfície também pode ser feita por jateamento de areia ou esferas de vidro.

- **Polimento** – quando se aplainam superfícies não planas.

Utilizam-se no polimento: óxido de alumínio e óxido de cromo III, para metais duros e aço; mistura de óxido de cálcio e magnésio, para ligas de níquel e óxido férrico para acabamento de metais nobres.

Nessa primeira etapa, todo o trabalho é manual, e é grande a quantidade de material particulado proveniente principalmente do polimento, havendo necessidade de um sistema de exaustão com malhas filtrantes.

Infelizmente, na grande maioria das empresas, os esmeris e as politrizes não possuem grade protetora para proteger os trabalhadores de possíveis acidentes. Encontramos trabalhadores que tiveram braços e maxilar quebrados. Além disso, também é comum não existir nas politrizes, sistema de exaustão para a captação dos materiais particulados existentes nessa etapa.

### 2.8.2 Pré-tratamento químico

As peças são a partir do pré-tratamento químico presas em ganchos. São colocadas em uma haste de metal denominada barramento, que é de cobre ou latão, presa horizontalmente no meio dos tanques, que contêm as soluções eletrolíticas. Os tanques normalmente são de ferro revestido com polipropileno ou cloreto de polivinila.

No pré-tratamento químico, o desengraxamento remove as sujeiras e a decapagem remove as camadas de óxido.

### 2.8.2.1 Desengraxamento

O Desengraxamento pode ser realizado das seguintes formas:

**a) De imersão ou químico** - remove principalmente graxa e óleos. Utilizam-se:

- Solventes orgânicos: gasolina, tri e tetracloroetileno (percloroetileno);
- Solventes emulsificantes bifásicos (mistura de solventes orgânicos clorados e água);
- Soluções alcalinas com composição média de: hidróxido de sódio (38g/l), carbonato de sódio (25g/l) e fosfato (6,0g/l);

O banho de imersão tem temperatura média de 80°C e este banho é usado para desengraxe de peças de ferro.

**b) Eletrolítico:** tem a finalidade de deixar a peça, após ser submetida ao desengraxamento por imersão, perfeitamente limpa para produzir uma deposição metálica de boa aderência e sem manchas.

Composição do banho de desengraxe eletrolítico para materiais ferrosos:

- Hidróxido de sódio (30g/l);
- Fosfato trisódico (40g/l);
- Carbonato de sódio (30g/l);
- Gluconato de sódio – ação quelante;

A temperatura do banho é ao redor de 80 ° C e a densidade de corrente é de 7 a 10 A/dm<sup>2</sup>, tanto no desengraxe catódico como anódico.

Algumas vezes utiliza-se uma mistura de hidróxido de sódio e cianeto de sódio.

Nesse processo eletrolítico formam-se no cátodo, pela redução das moléculas de água, gás hidrogênio e íon hidroxila, que tem ação desengraxante, aumentando o poder de limpeza da solução eletrolítica. O processo de limpeza é aumentado pela agitação do banho causado pela geração de moléculas de hidrogênio no cátodo. Infelizmente, o gás hidrogênio formado é o principal

responsável por dispersar para o meio ambiente na forma de névoa as soluções contidas nos banhos, se não houver um sistema de ventilação local exaustora nos tanques de desengraxe.

O desengraxe catódico é o mais utilizado, porque forma o dobro de gás hidrogênio em relação ao oxigênio formado no desengraxe anódico, além de formar junto a peça os íons hidroxila OH que renovam o poder desengraxante.

#### **2.8.2.2 Decapagem**

A Decapagem pode ser realizada da seguinte forma:

**a) Alcalina eletrolítica** – muito importante para eliminar resíduos do esmerilhamento, bem como de pastas constituídas de ligas que possam ser danificadas na decapagem ácida. Utilizam-se:

- Soluções alcalinas de hidróxido, fosfatos e carbonatos.
- Substâncias complexantes;

Dentre as substâncias utilizadas na decapagem alcalina e em outras etapas do processo galvânico, o gluconato de sódio é bastante utilizado. Por ser um complexante de inúmeros íons metálicos, dentre eles o ferro e o cobre, são muito utilizados na desoxidação dos metais, atuando também como desengraxante. Então o tratamento com esse produto tem dupla função: desengraxe e decapagem.

**b) Ácido:** usada para remoção de casca de fundição de peças que contêm carepas (óxidos formados em tratamento térmico ou formados pela oxidação da peça metálica com oxigênio do ar atmosférico).

- **Ácido clorídrico:** muito empregado, possui grande velocidade de decapagem em baixas temperaturas. A concentração utilizada pode variar de 15 a 50 % em volume, dependendo da oxidação do metal-base. Usa-se 1,4-butandiol, como inibidor do ataque ácido ao metal base. Os inibidores permitem a remoção dos óxidos pelo ácido sem o ataque ao metal-base. O mecanismo provável de atuação dos inibidores, é que os mesmos são absorvidos pela



superfície metálica, impedindo o ataque ácido a superfície metálica, reagindo apenas com o óxido formado na superfície metálica.

- Ácido sulfúrico: usado em pré-decapagem de peças que contêm carepa ou pontos de solda onde se acumulam óxidos metálicos. Normalmente usa-se uma concentração de 10 % em volume.
- Ácido nítrico: empregado normalmente em peças de aço, níquel e cromo. Durante a decapagem há liberação de gases nitrosos que são tóxicos.
- Ácido fluorídrico: utilizado em peças que contêm casca de fundição com sílica. Utilizam-se concentrações de até 3 % em volume.
- Ácido fosfórico – utilizado em pré-tratamento de peças soldadas, pelo seu grande poder de dissolução dos óxidos formados nos pontos de solda. Trabalha-se com concentrações de até 15% em volume.

No processo de decapagem, o gás hidrogênio formado difunde-se na base metálica, podendo tornar metal quebradiço. Aquecendo-se as peças posteriormente, em torno de 200°C, esse gás é eliminado.

O hidrogênio é o principal responsável por arrastar para o ambiente, soluções dos banhos na forma de névoa, se não houver nos tanques ventilação local exaustora.

### 2.8.2.3 Eletrodeposição

Após a etapa do pré-tratamento, inicia-se a etapa da eletrodeposição das camadas metálicas. É importante ressaltar que as gancheiras com as peças são mergulhadas em tanques com água de lavagem, localizados entre os banhos de desengraxamento, decapagem e eletrodeposição.

No processo de eletrodeposição a massa depositada (camada metálica) sobre uma superfície metálica ou de plástico obedece às leis de Faraday, mas a qualidade do depósito metálico depende de muitos fatores, entre eles a densidade de corrente ( $A/dm^2$ ).

Para se ter uma deposição mais rápida, seria importante utilizar uma densidade de corrente altas, mas, com uma densidade de corrente catódica mais baixa, obtém-se depósitos mais uniformes e, em alguns casos, menos porosos.

Por outro lado, tanto a corrente catódica como a anódica nem sempre têm um rendimento cem por cento para os processos específicos ocorridos nestes eletrodos. Podem ocorrer reações secundárias no cátodo (normalmente com produção de hidrogênio pela redução das moléculas da água ou dos íons hidrogênio) e no ânodo (normalmente com produção de oxigênio pela oxidação das moléculas da água), e estes gases arrastam para o ambiente de trabalho, na forma de névoa, as soluções eletrolíticas contidas nos banhos, quando não há um sistema de ventilação local exaustora adequado nos tanques eletrolíticos. Essas névoas podem provocar lesões principalmente nas vias aéreas superiores dos trabalhadores, ou câncer pulmonar, quando provenientes de banhos de níquel, cromo e ácidos minerais.

Para cada solução eletrolítica contida nos tanques, necessita-se de uma diferença de potencial específica. Normalmente, usa-se uma diferença de potencial mais alta que a necessária para superar a sobretensão inicial do processo, mas diversas condições físicas e químicas contribuem para a boa qualidade de deposição.

A sobre tensão de um elemento sobre um dado eletrodo é a diferença entre o valor do potencial efetivamente necessário à deposição do elemento ou a descarga desse elemento sobre o eletrodo e o valor do potencial teórico do eletrodo considerado.

Os banhos normalmente funcionam com:

- **Temperatura acima de 40°C** – contribui para o aumento da condutividade da solução e reduz a sobretensão, permitindo com isto o uso de densidade de corrente mais alta. No processo de anodização, trabalha-se com temperatura de aproximadamente 20°C.
- **Agitação** – permite a homogeneização de solução, reduzindo a polarização de concentração, podendo-se utilizar densidades de correntes mais altas com tensões iguais.
- **Alta concentração dos eletrólitos** – o aumento da atividade dos íons conduz a um aumento da condutividade e diminui a sobre tensão catódica.

- **Controle do pH** – usam-se, na maioria das vezes, tampões para manter constante a concentração hidrogeniônica. Em alguns banhos, essas concentrações têm de ser suficientemente altas para evitar precipitações de sais e hidrólises e formação de colóides. Nos cianídricos, a concentração hidrogeniônica precisa ser baixa para evitar a liberação de gás cianídrico, que é altamente tóxico e letal, dependendo da concentração.

Utilizam-se aditivos como abrillantadores, niveladores e tensoativos, pois possuem ação umectante, favorecendo a penetração da solução nas microporosidades. Esses aditivos contribuem de algum modo, para a melhoria da qualidade da deposição metálica.

Alguns aditivos evitam a formação de filmes apassivadores sobre o ânodo, já que os filmes impedem a dissolução homogênea do eletrodo, provocando a produção de gases indesejáveis.

### **2.8.3. Os processos galvânicos**

#### **2.8.3.1. Anodização**

A anodização é utilizada principalmente para peças de alumínio que funcionarão como ânodo (polo positivo), ao contrário dos outros banhos eletrolíticos, nos quais as peças funcionarão como cátodo (polo negativo). Na anodização, o cátodo é de alumínio ou chumbo. As peças, antes do processo de anodização, são:

- Polidas com feltro, abrasivo ou pasta;
- Desengraxadas com tetracloroetileno (percloroetileno) ou tricloroetileno;
- Decapadas com hidróxido de sódio de 5 a 20 %, dependendo da espessura da peça, à temperatura de 80°C. Nessa etapa, o  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , formado no processo de oxidação com o oxigênio do ar, reage com os íons hidroxila, formando aluminato;

- Ativadas ou colocadas em espera em banhos de ácido nítrico  $\text{HNO}_3$ .
- Micropolidas com as peças imersas num banho denominado químico, que é uma mistura de ácido nítrico a 31%, ácido sulfúrico a 21 % e ácido fosfórico a 48%, utilizada em alguns tipos de peças de alumínio que serão anodizadas. Essa etapa demora de um a três minutos, dependendo da característica da peça que será anodizada.
- Anodizadas as gancheiras com as peças são postas em barramentos de alumínio em tanques contendo ácido sulfúrico de 17 a 30 %, submetidas a voltagem que pode variar de 15 a 20 V e a densidade de corrente de 0,5 a  $2,5\text{A/dm}^2$  (corrente contínua), durante vinte e cinco a trinta minutos, à uma temperatura média de  $20^\circ\text{C}$ . Forma-se uma camada dura de óxido de alumínio altamente resistente. Não se trabalha em temperaturas mais altas porque há um aumento na velocidade de redissolução do  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , provocando também a formação de camada porosa e pouco resistente à corrosão.

- **Colorimento** - as peças de alumínio, depois de serem anodizadas e por apresentarem poros no seu retículo cristalino, podem ser coloridas com anilina ou mesmo por processo eletrolítico, utilizando-se corrente alternada e banhos com soluções que contenham sais de cobre, níquel, prata e cobalto.

As cores obtidas dependem da concentração e do tipo de íon existente no banho, como: amarelo e marrom – com nitrato de prata; preto – com sulfato de cobalto; azul escuro – com sulfato de cobalto e ácido bórico; azul – com sulfato de cobre e ácido sulfúrico, etc.

- **Selagem** – é submeter as peças anodizadas e coloridas a um banho com água quente desmineralizada ou vapor d'água, com a finalidade de se vedarem os poros do retículo cristalino do óxido formado, evitando-se a adsorção de contaminantes e a perda de corantes. Normalmente a selagem demora trinta minutos.

Nos banhos de anodização são usados outros eletrólitos, além do ácido sulfúrico, como o ácido oxálico, o ácido crômico e a mistura dos ácidos sulfúrico e crômico, assim como outros parâmetros operacionais. Isso dependerá do uso da peça de alumínio.

### **2.8.3.2. Cromo decorativo**

O cromo decorativo é utilizado para embelezar as peças que receberão uma camada final de cromo.

O processo de eletrodeposição do cromo é antecipado pela deposição, no metal-base, de camadas de cobre e níquel.

As etapas de eletrodeposição são:

- Banho de cobre alcalino ou cianídrico
- Banho de cobre ácido
- Banho de niquelação
- Banho de cromo

#### **2.8.3.2.1. Banho de cobre alcalino ou cianídrico**

O íon cianeto  $\text{CN}^-$  é um ótimo complexante, formando complexos muito estáveis e mantendo baixíssima a concentração do íon metálico livre em solução. Conseqüentemente, a atividade iônica é alterada e o potencial-padrão requerido para a redução do metal é alterado. A deposição do cobre sobre o metal-base ocorre com perfeita aderência e depósito de ótima qualidade. Além disso, pelo seu poder complexante, pela hidrólise do cianeto e adição de outros sais básicos, o pH do banho fica entre 12 e 13. Os íons que aparecem como impurezas ou são complexados pelo cianeto ou se depositam na forma de hidróxido. Pelo pH bastante básico, esse tipo de banho possui alto poder desengraxante.

Um exemplo de composição utilizada em banhos de cobre cianídrico:

- 25g/l de cianeto de cobre I  $\text{CuCN}$ ; 35 g/l de cianeto de sódio  $\text{NaCN}$ ; 5g/l de carbonato de sódio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 0,1 g/l de tiosulfato de sódio  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

O cianeto de cobre I é insolúvel, mas, como temos alta concentração de cianeto livre pela dissolução de cianeto de sódio no banho, forma-se complexo do cobre I com o cianeto. O cianeto de sódio atua como tampão, mantendo o pH do banho, e a função do tiosulfato de sódio é auxiliar na produção de um depósito fino de cobre.

#### **2.8.3.2.2. Banho de cobre ácido**

O banho de cobre ácido não pode ser utilizado diretamente quando o metal-base é ferro, pois forma depósito poroso, ocorrendo a deposição química. O cobre do banho ácido forma bons depósitos sobre cobre, níquel e chumbo, mas, quando o metal-base é zinco ou ferro, deve-se antes depositar cobre por meio do banho de cobre alcalino.

Cilindros de aço inoxidável utilizados na indústria gráfica recebem a deposição de cobre em banho de cobre ácido e, posteriormente, são cromados (cromo duro).

Uma composição usual do banho de cobre ácido é:

Trabalha-se em temperatura de aproximadamente 22°C, com densidade de corrente de 3 a 5 A/dm<sup>2</sup>. Em geral usa-se nesse banho sulfato de amônia e sulfato de sódio, que melhoram o poder penetrante e a granulometria da camada depositada. A insuflação de ar, ou a agitação do cátodo, auxilia a oxidação do cobre I a cobre II (em razão de redução incompleta).

Existem também banhos de fluoborato de cobre, que trabalham com altas densidade de corrente e pH ao redor de 2.

#### **2.8.3.2.3. Banho de níquel**

Há diversos tipos de banho de níquel, como niquelação opaca, brilhante, banhos rápidos e lentos, dependendo da utilização final da peça a ser niquelada. Algumas, como no caso do processo de cromo decorativo, ainda irão receber uma camada de cromo, mas há outros processos em que o níquel é a camada final, depositando-se sobre o cobre. Quando o níquel é a camada final, dependendo da

espessura da camada, ela possuirá boa resistência à abrasão e, outras vezes, terá finalidade decorativa.

Uma composição bastante comum de banho de níquel ácido é:

- 120g/l de sulfato de níquel  $\text{NiSO}_4$ ; 35 g/l de cloreto de níquel  $\text{NiCl}_2$ ; 30 g/l de ácido bórico  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; 10 g/l de sulfato de magnésio  $\text{MgSO}_4$ ; 10 g/l de sulfato de amônia  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

O ácido bórico funciona como tampão. São usados, também, ácido cítrico e ácido tartárico. Os sulfatos de magnésio e de amônio são usados para melhorar a ductilidade do depósito. Os íons cloreto (além do cloreto de níquel, usa-se cloreto de sódio ou de potássio) têm a finalidade de melhorar a qualidade do depósito de níquel, bem como aumentar a corrosão do ânodo, já que ele é apassivado pela formação de óxido de níquel.

É usado também banho de níquel amoniacal (na forma de tetraamin níquel  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_4^{+2}$ ), que forma um depósito de granulometria muito fina, mas é uma eletrodisposição muito lenta por causa da baixa densidade de corrente. Há, também, banhos de fluoboratos de níquel  $\text{Ni}(\text{BF}_4)_2$ , mas são banhos de maior custo.

#### **2.8.3.2.4. Banho de cromo**

O banho de cromo é constituído de óxido de cromo (VI) em ácido sulfúrico, solução erroneamente denominada de ácido crômico. Na verdade essa solução é o ácido dicrômico, com íons complexos de cromo e, aproximadamente, três por cento de íons de cromo III, que forma no processo de redução do Cr VI a Cr metal. Uma alta concentração desse íon dificulta a deposição do cromo na peça submetida ao processo galvânico. O íon sulfato funciona como catalisador do processo de cromação e o íon fluoreto tem esse mesmo papel quando utilizados fluorcromatos.

No processo de cromação, oitenta e cinco por cento, aproximadamente, da corrente catódica produz hidrogênio, que, com o oxigênio produzido no ânodo, arrasta para o ambiente, quando não há sistema de ventilação local exaustora adequada, ácido crômico na forma de névoa. Os outros quinze por cento da corrente são responsáveis pela redução do cromo VI a cromo metálico, que se deposita sobre as peças a serem cromadas.

O banho de cromo decorativo é utilizado para produzir efeito decorativo ou de embelezamento nas peças. Para tal, usa-se densidade de corrente de 7 a 20 A/dm<sup>2</sup>, com banhos mais concentrados de 350 a 450 g/l de óxido de cromo VI em ácido sulfúrico ( com sulfato de 0,6 a 1,2 % em relação ao óxido de cromo), trabalhando-se com a temperatura do banho na faixa de 30 a 55 °C e com uma diferença de potencial de 3,5 a 4,5 Volts.

A espessura da camada de cromo depositada vai de 0,2 a 0,5 µm, dependendo da densidade de corrente e do tempo de cromação, que é normalmente de 2 a 10 minutos.

### **2.8.3.3. Cromo duro**

É utilizado para peças, normalmente de aço, que necessitam ter grande resistência ao atrito. Emprega-se densidade de corrente de 25 a 75 A/dm<sup>2</sup> e banhos com concentração de 250 a 350 g/l de óxido de cromo VI em ácido sulfúrico, com teor de sulfato de 1 a 1,2 % em relação ao óxido de cromo. A temperatura média do banho é de 55° C, utilizando-se diferença de potencial de 6,0 a 10,0 volts.

A espessura da camada de cromo depositada vai de um µm até alguns mm, dependendo da densidade de corrente utilizada e do tempo de cromação, que é normalmente de 40 minutos a 24 horas.

A produção de névoa de ácido crômico é maior no banho de cromo duro em razão da maior densidade de corrente utilizada e do maior tempo de cromação.

O cromado é contaminado principalmente pela inalação das névoas de ácido crômico (cromo hexavalente).

É importante ressaltar que as peças submetidas a esse tipo de banho normalmente não passam pelas etapas de cobreação e niquelação. Os cilindros de impressão utilizados nas indústrias gráficas são submetidos à cobreação ácida e, em seguida, ao cromo duro.



## 2.9 Processo produtivo

Peças metálicas diversas chegam à empresa, transportadas por caminhões em diferentes embalagens. São descarregadas através de equipamentos de levantamentos e transportes mecânicos (pontes e empilhadeiras).

Os recipientes com peças são transportados para os banhos conforme o fluxo de produção.

No término do processo produtivo, as peças são levadas até o setor de estoque.

### 2.9.1 Fluxo de Produção

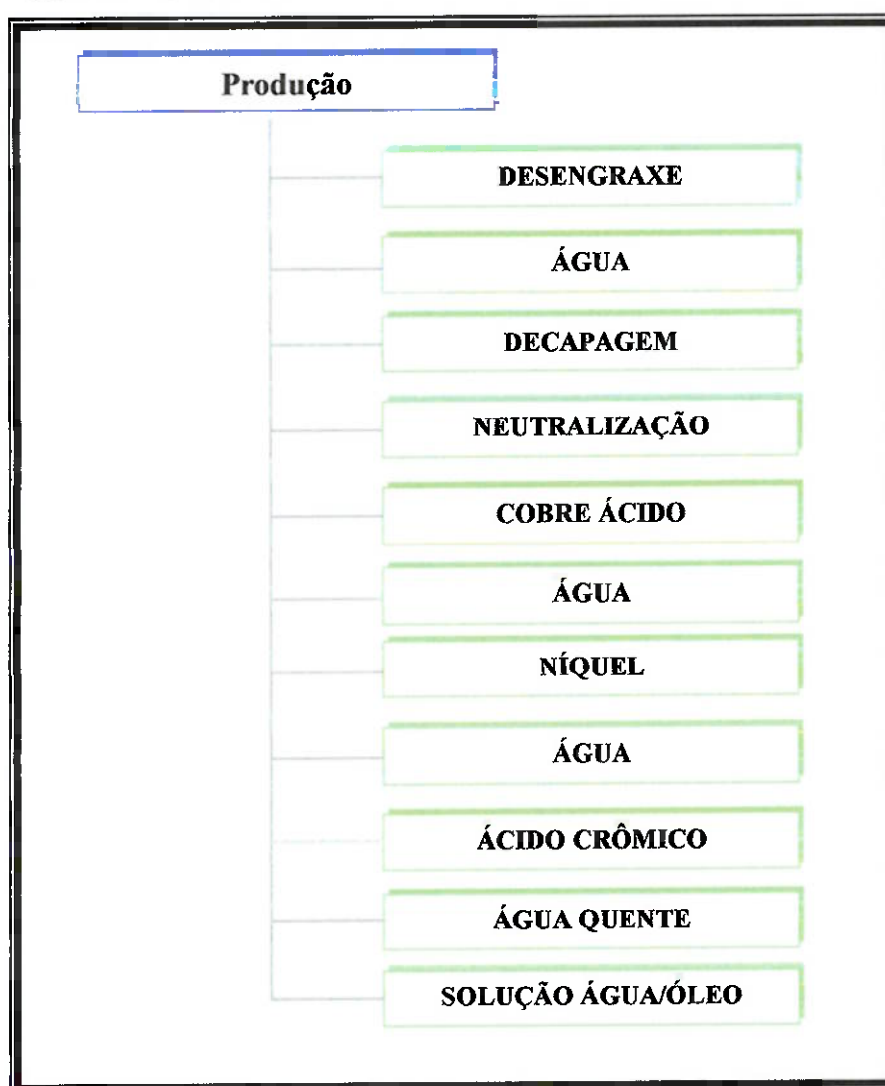


Figura 1 – Fluxo de Produção

## **2.9.2 Banho Alcalino**

### **2.9.2.1 Desengraxe**

Esta operação tem por objetivo eliminar todos os traços de oleamento e sujeiras que estejam impregnados nas peças, funcionando como etapa preliminar e obrigatória para a decapagem.

A lavagem é efetuada em operação posterior e as águas são transferidas ao tanque-pulmão de águas alcalinas com cianetos da estação de tratamento de efluentes e água (E.T.E.A.), bem como o banho quando exaurido, atuando de forma específica, visa eliminar as sujeiras oleosas que aderem tanto sobre os óxidos (soluções) como sobre metal (peças).

As peças metálicas quando chegam à seção de acabamento, quase sempre estão contaminadas com óleos e graxas originadas de diversas fontes:

- Do contato com as mãos;
- De óleos empregados para proteção durante o armazenamento e o transporte;
- De óleos usados nas operações de corte (lubrificação e refrigeração);
- De estampagem;
- De trefilagem;
- De pastas de polimento, etc.

A espessura da película é variável e freqüentemente invisível, mas arrastam sempre poeiras, sujeiras, cavacos de metais e restos abrasivos, como as camadas de graxas que se depositam na parte superior de todas as impurezas, a primeira operação de limpeza química é o desengraxe.

Baseando-se nas propriedades das diferentes graxas e óleos que aderem aos metais, são usados na prática três processos principais de desengraxe:

- Desengraxe alcalino;
- Desengraxe eletrolítico alcalino;
- Desengraxe com solventes orgânicos
- Desengraxe com emulsões;

A escolha do processo de limpeza baseia-se na natureza do metal base e na classe e no grau de impurezas.

Na prática, estes banhos agem fisicamente, penetrando nas reentrâncias, graças à sua baixa tensão superficial e removendo assim todas estas sujeiras, além de manter os sólidos e líquidos em suspensão.

As propriedades de um eficiente limpador alcalino, pela ordem de importância, são:

- Poder dissolvente e alta alcalinidade;
- Poder de suspensão e dispersão para sólidos;
- Poder emulsionante para líquidos;
- Facilidade de lavagem;
- Baixa tensão superficial e poder umectante;
- Estabilidade;
- Boa condutividade (para o desengraxamento eletrolítico);
- Produzir efeito com baixa concentração (economia);
- Ausência de toxidez.

Portanto, a ação limpadora de uma solução detergente é o resultado das diversas propriedades citadas, que atuam ao mesmo tempo para se obter um desengraxamento perfeito. Para atender os requisitos de um eficiente limpador alcalino destinado a remover os diversos óleos, graxas e sólidos, é comum o emprego de misturas de proporções variadas dos diversos limpadores alcalinos. Entre as vantagens e as desvantagens de cada um destes componentes dos banhos alcalinos, podemos citar:

- Soda cáustica – Hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$ . Produz elevada alcalinidade e é ótima para saponificar óleos e gorduras animais e vegetais (mas não tem condições de uso; a saponificação é pouco eficiente). É agente umectante pobre e de lavagem difícil, mas assegura boa condutividade em banhos eletrolíticos.
- Barrilha – É o carbonato de sódio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Álcali moderado ajuda na formação de emulsão e é bom detergente.
- Fosfatos – ótimos umectantes e emulsionantes, além de boa lavabilidade; álcali moderadamente fraco. Os fosfatos estão entre os agentes mais usados nas formulações dos desengraxantes alcalinos. Os principais são:

- Ortofosfato de sódio –  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- Pirofosfato de sódio –  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- Tripolifosfato de sódio –  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- Hexametafosfato de sódio –  $\text{NaP}_6\text{O}_{18}$  ou  $(\text{NaPO}_3)_6$
- Calgan

- Silicatos alcalinos – são excelentes agentes defloculantes, bons umectantes e emulsionantes, além de permitir lavagem fácil. Funcionam como agentes de tamponamento, estabilizando o pH e evitando o ataque dos metais não-ferrosos (exceto o zinco) pelo carbonato de sódio. Os principais são:

- Metasilicato de sódio –  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5$  ou g  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- Silicato de sódio (produto comercial – mistura de diversos silicatos).

A maioria dos desengraxantes contém silicatos em sua formulação. Contudo, os silicatos em solução levemente alcalina podem ser hidrolisados, formando o fraco ácido silícico, que pode se precipitar como sílica coloidal ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$  ou  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

- Sabões ou detergentes sintéticos – para reduzir a tensão superficial entre a solução e os óleos e graxas, introduzem-se na formulação desengraxantes alcalinos ou agentes tesoativos ou umectantes. São substâncias químicas que possuem, de modo geral, um duplo caráter – polar e não polar – apresentando numa das duas extremidades de suas moléculas um grupo hidrofílico e na outra um grupo lipofílico. Colocados na presença de óleo e da água, a extremidade hidrofílica (polar) se associa à água enquanto a extremidade lipofílica se liga ao óleo formando uma emulsão facilitada pela fragmentação das gotículas de óleo no meio da solução limpadora, causada pela agitação mecânica e pelo efeito da solução aquecida.

Os princípios tensoativos são classificados em iônicos e não-iônicos.

Os iônicos se subdividem em aniônicos e catiônicos.

Os aniônicos compreendem os sabões e um grande número de detergentes sintéticos, como os alquil-aril-sulfonatos (por exemplo, do dodecil-benzeno-sulfonato de sódio), sulfato de ácidos graxos, hidrocarbonetos sulfonados (lauril-sulfonato de sódio), etc. Os catiônicos mais importantes são

os quaternários de amônio (cloretos de alquilamina e sais de alquilamônio). Os não-iônicos são esteres orgânicos de ácidos graxos (lipofílicos) de cadeia longa com álcalis de certos aminoácidos (hidrofílicos). Estabilizam as emulsões seja formando uma película que envolve a gota, seja pelo forte efeito de solvatação. O emprego de dois ou mais agentes emulsificadores fornecem emulsões de elevada estabilidade. Estes agentes não iônicos tem a vantagem de quase não produzir espuma que, as vezes, podem ser inconvenientes, como no caso de limpeza a jato. Os grandes progressos feitos no campo destas substâncias tensoativas tem proporcionado melhorias extraordinárias na eficiência das soluções de desengraxamento, pois mesmo quando adicionadas em pequenas concentrações (0,1 a 0,2%) exercem plenamente sua ação. (Silva, 1981)

### **Escolha do banho desengraxante**

Seleciona-se o desengraxamento de acordo com o metal e o serviço, na limpeza de aço pode-se trabalhar com pH entre 12 e 14 com desengraxantes fortes (ou alcalinos pesados). O latão, o alumínio e o zinco requerem pH mais baixo, entre 11 e 12,5 nos desengraxantes médios, nos leves o pH varia entre 10 a 11,5.

Os fosfatos e silicatos, presentes em todas as composições comerciais, atuam como agentes de tamponamento, não deixando variar muito o pH, o que assegura boa uniformidade de ação.

A suspensão e a dispersão possuem como papel principal não deixar separar as sujidades sólidas e insolúveis dentro da solução, possibilitando melhor limpeza. O meta silicato e o fosfato de sódio, entre os inorgânicos, e os oleatos, entre os orgânicos, são os agentes mais efetivos neste sentido. A presença dos fosfatos e especialmente dos polifosfatos, nos banhos, é para formar complexos solúveis com o cálcio e o magnésio, presentes nas águas duras e que tendem a se depositar sobre a peça como carbonato insolúvel, formando uma película aderente de difícil remoção. (Silva, 1981)

As ações mecânicas do atrito entre a solução e as peças favorecem muito a remoção das graxas e demais impurezas, diminuindo consideravelmente o tempo de tratamento, assim, no desengraxamento industrial, além de empregar soluções quentes, faz-se a circulação por meio de bombas adequadas e, em alguns casos, emprega-se jato (*spray*) de solução desengraxante sobre as peças.

Outros processos de agitação do banho são usados, tambores rotativos, agitação das peças e o uso de ultra-som (de excelentes resultados), promovem a remoção das sujidades mais rapidamente.

### **2.9.2.2 Desengraxe alcalino**

As soluções alcalinas para desengraxante são compostas por soluções quentes de sais e bases com as mais diversas composições. Os ingredientes principais destas soluções são hidróxidos, carbonatos, fosfatos, silicatos e boratos (todos de sódio) juntamente com detergentes e outras substâncias tensoativas, cuja escolha e quantidade dependem principalmente da natureza da impureza a ser removida.

O processo de desengraxe alcalino pode ser feito por imersão ou aspersão (a jato ou *spray*), trabalhando-se com temperaturas próximas a da ebulição da água.

A jato, o tempo gasto é de 1 a 3 minutos e por imersão (quase sempre em processos descontínuos) gasta-se de 5 a 10 minutos.

Os recipientes que contém as soluções e as peças, normalmente são feitos em chapa de ferro, com aquecimento elétrico (resistência) ou pelo vapor.

O controle dos banhos é feito titulando-se a alcalinidade livre (ou efetiva) com indicador fenolftaleína, que vira a um pH de 8,2 e para titular a alcalinidade total, usa-se o indicador metilorange que vira a um pH de 4,4.

### **2.9.2.3 Desengraxe eletrolítico**

O desengraxamento eletrolítico é uma combinação do processo alcalino com a corrente elétrica (contínua), que atua mecanicamente pela liberação abundante de gases nos eletrodos (hidrogênio), provocando o desprendimento da camada de graxa do metal e sua conseqüente eliminação. A composição da solução é mais ou menos a mesma do processo alcalino desde que esta apresente boa condutividade para favorecer a passagem da corrente.

Há dois processos de desengraxamento eletrolítico: O catódico e o anódico, no processo catódico, mais generalizado, a peça trabalha como cátodo enquanto o ânodo é de ferro e o processo eletrolítico consiste essencialmente na

eletrólise da água, o hidrogênio se desprendendo no cátodo e o oxigênio no ânodo.

O tempo é bem inferior ao gasto no desengraxamento alcalino. Contudo, há problemas tanto de adsorção do hidrogênio pelo metal no processo catódico, como oxidação da peça nos processos anódicos. As substâncias coloidais presentes no banho vão sofrer uma cata ou anaforese, concentrando-se no decorrer do tempo, próximo aos eletrodos e de certa forma ajudam a limpeza. (Silva, 1981)

As soluções são adicionadas umectantes e antiespuma, a fim de evitar explosões causadas por grandes bolhas de gases, através do efeito solvatação (película que envolve a gota)

#### **2.9.2.4 Desengraxe com solventes**

O desengraxe com solventes tem se ampliado nos últimos anos, devido à eliminação simples e rápida de toda classe de óleos e graxas.

Os solventes usados na limpeza devem ser: não inflamáveis e não tóxicos, de elevado poder com solvente, quimicamente inertes com os metais, estáveis e de baixo calor específico e latente; devem ferver abaixo de 100°C, ser mais densos que o ar no estado de vapor, e de densidade elevada e baixa tensão superficial na fase líquida. Nenhum solvente apresenta todas estas propriedades. Os antigos solventes inflamáveis (querosene, gasolina, tolueno, benzeno, cetona, álcoois e fenóis, etc.) vão sendo substituídos cada vez mais pelos hidrocarbonetos não inflamáveis, como o tricloretileno, percloroetileno e tetracloreto de carbono, apesar de sua toxidez (é cancerígeno) e do seu alto custo. O mais empregado é o tricloretileno, com adições de estabilizadores, (difenilamina, diisobutilamina, etc) usados para evitar sua decomposição, com a conseqüente produção de ácido clorídrico. (Silva, 1981) e *Toronto Public Health*.

### **2.9.2.5 Desengraxe com emulsões**

Consegue-se um processo bastante econômico, cujo emprego tem ampliado muito, usando-se os solventes já citados (querosene, gasolina, tolueno) em misturas com grandes volumes de água, constituindo as emulsões.

Aos solventes (querosene, basicamente) são adicionadas substâncias tensoativas (oleato de potássio, óleo de pinho, ácido cresílico, etc.) possibilitando sua mistura (emulsão) com a água, em relação que atinge até 1:50. As emulsões são geralmente usadas à temperatura ambiente, embora, às vezes, trabalhem aquecidas até 60°C, à água, podem-se adicionar agentes alcalinos em pequenas quantidades que favorecem a velocidade da limpeza. A aplicação pode ser feita por jato ou imersão, conseguindo-se resultados satisfatórios em curto espaço de tempo.

No processo de eletrodeposição, a qualidade de desengraxamento com emulsões não é suficiente, necessita-se ainda de um desengraxamento mais fino, alcalino por imersão e/ou eletrolítico.

### **2.9.2.6 Verificação do desengraxe**

Existem vários processos para a verificação do desengraxamento, mas o processo mais simples de se verificar a eficácia do desengraxamento consiste na prova da gota de água. Na superfície limpa a água se espalha continuamente, sem quebra do filme, sem formar gotas.

O aparecimento destas em lugares secos, na superfície da peça, mostra que o desengraxamento não foi eficiente, não está bem feito, além deste processo, pode empregar o processo baseado na fluorescência dos óleos e graxas sobre a ação dos raios ultravioleta; a intensidade da fluorescência é proporcional ao teor de óleo na superfície do metal.

### **2.9.3 Decapagem**

A decapagem é um processo químico para remoção das camadas, de produtos de corrosão formadas na superfície metálica (em geral óxidos e



raramente carbonatos, sulfetos, etc.), esta remoção é feita com a finalidade de permitir o acabamento final das peças.

O processo mais empregado é o que usa soluções aquosas diluídas de ácidos minerais, os ácidos mais comumente usados na prática são os ácidos sulfúricos e clorídricos (este comercialmente chamado de ácido muriático).

Como toda peça que vai receber um revestimento ou banho deve passar pela etapa de decapagem, o método para se obter uma melhor superfície deve ser conhecido adequadamente.

Os fenômenos envolvidos na decapagem são extremamente complexos e ainda não foram perfeitamente esclarecidos, embora já se saiba o suficiente para uma boa prática.

### **2.9.3.1 Fatores que influenciam no mecanismo da Decapagem**

Os três fatores que influenciam no mecanismo da decapagem são: metal, os óxidos e o ácido.

#### **2.9.3.1.1 O metal**

O metal sofre uma série de influências que modificam seu comportamento no processo de decapagem. Estas são:

- Influência do teor e da forma de ocorrência do carbono e dos vários graus de dispersão do  $\text{Fe}_3\text{C}$  e do grafite;
- Influência da presença de outros elementos químicos (Si, Mn, Cu, etc.);
- Influência das transformações mecânicas e dos tratamentos térmicos (laminação a quente e a frio, trefilagem, recozimento, tempera, etc);
- Influência da rugosidade e do polimento.

#### **2.9.3.1.2 Os óxidos**

Os óxidos de ferro constituem uma camada de pequena coerência com o metal, que é porosa, permitindo a penetração da solução até atingir o metal. Sua estrutura é muito variável, dependendo das condições de sua formação e das

transformações que podem sofrer no decorrer do tempo e velocidade de resfriamento:

- Camadas formadas em alta temperatura;
- Camadas formadas em baixa temperatura;
- Camadas contendo óxidos hidratados.

Além disso, pode conter impurezas, como óxidos de silício, de manganês e especialmente os óxidos de níquel, cromo, cobre, etc.

#### **2.9.3.1.3 Os ácidos**

Os ácidos comerciais empregados na decapagem são diluídos em água nem sempre pura e contém impurezas de origem; estas impurezas todas podem alterar o curso das reações no processo da decapagem, bem como os produtos das reações ocorridas no processo.

Entre as heterogeneidades que podem influenciar o processo, duas são importantes:

- heterogeneidade estrutural entre metal e os óxidos;
- heterogeneidade física entre a fase sólida (metal e óxido) e a fase líquida (o decapante).

#### **2.9.3.2 Mecanismo da decapagem**

Essencialmente, o processo da decapagem depende da presença dos íons na solução; sua atividade é a principal característica do ataque, seja na dissolução dos óxidos, seja na corrosão do metal, por reações que ocorrem segundo processos químicos e eletroquímicos. Nas reações entre o ácido e o metal e seus óxidos distinguimos os casos possíveis:

- Reação com os óxidos: A dissolução da camada complexa contendo três óxidos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ;  $\text{FeO}$ ), far-se-á diferentemente; o ácido penetrando

pelos poros e trincas da camada, dissolverá primeiro o FeO e fará com que as outras camadas se desprendam mecanicamente da superfície metálica.

- **Reação com o metal:** Esta reação vai se processar ao mesmo tempo com o metal difundido na camada de óxido e com a superfície da peça. A remoção da camada de óxido expõe o metal limpo à ação do ácido, assim, tão logo esta é removida, deve-se retirar a peça do banho ou então proteger a superfície metálica da ação do meio ácido pelo emprego de inibidores adequados. Na ausência de inibidores na solução decapante, o ataque do metal resultaria na formação de hidrogênio nascente nas áreas catódicas, e este ficaria absorvida na superfície do metal ou mesmo penetrando nas trincas e provocando danos na rede cristalina, ou então se recombinaria, formando o hidrogênio molecular que vai se desprender da superfície exercendo um efeito mecânico sensível na remoção da camada de óxido. Numa decapagem industrial, técnica e econômica torna-se obrigatória a adição de inibidores orgânicos. A adição de apenas 0,2% de inibidor efetivo reduz em 100 vezes a velocidade de dissolução do metal. (Silva, 1981)

### **2.9.3.3 Danos da decapagem**

A ação do ácido sobre o metal é duplamente danosa, porque além de provocar um grande aumento no consumo de ácido necessário para a decapagem, ocasiona a formação do hidrogênio nascente, cuja difusão na rede cristalina altera bastante as propriedades físicas do metal. O hidrogênio nascente é capaz de difundir-se nos espaços da rede cristalina do metal, deformando-a e modificando suas propriedades, assim, o metal torna-se menos elástico e o aço fica quebradiço, diminuindo sua resistência à tração em até 10% do seu valor original. Este fenômeno chama-se fragilidade pelo hidrogênio.

Além deste efeito, a difusão do hidrogênio nas discontinuidades do metal ou nos locais de segregação não-metálicas, vai favorecer a absorção deste gás, atômico ou molecular, que fica impedido de migrar na rede cristalina; o acúmulo de hidrogênio aumenta gradativamente provocando elevadas pressões

no metal, que fará com que este se distenda formando bolhas, as quais danificam extremamente o acabamento do material.

Para se evitar este duplo dano é aconselhável o emprego constante de inibidores os quais adicionados ao ácido, impedem a ação deste sobre o metal sem interferir na dissolução dos óxidos.

#### **2.9.3.4 Escolha do ácido**

A escolha do ácido é feita em função de vantagens técnicas e econômicas, estas condições variam com o tempo, o local de produção e de consumo, a disponibilidade de matérias-primas, as instalações de decapagem, etc.

Analisaremos estes diversos fatores em relação aos ácidos clorídrico (muriático) e sulfúrico:

##### **2.9.3.4.1 Ácido Clorídrico:**

- **As vantagens:** permite trabalhar à temperatura ambiente, dissolve o óxido preferencialmente ao metal, exige menor rigor na lavagem e por isso é mais adequada para limpeza de peças com excessos ou vazada, fornece superfícies mais lisas e causa menor dano pela difusão do hidrogênio do que o ácido sulfúrico.
- **As desvantagens:** menor possibilidade de renovação do banho (soluções concentradas de cloreto de ferro fornecem superfícies escuras), transporte bem mais oneroso que o ácido sulfúrico e exige boa ventilação (exaustão) no local de trabalho. (SILVA, 1981)

#### 2.9.3.4.2 Ácido Sulfúrico

- **As vantagens:** permite trabalhar com concentrações baixas, apresenta maior possibilidade de renovação do banho e transporte mais barato.
- **As desvantagens:** ataque maior na superfície do ferro formando sulfato ferroso que adere ao metal e, por isso, exige maior cuidado na lavagem; causa grandes danos pela difusão do hidrogênio na malha cristalina do ferro; requer a eliminação do sal ferroso da solução; exige temperaturas elevadas (entre 60 – 80°C), na maioria dos casos.

O ácido clorídrico (ácido muriático, no comércio) é uma solução com cerca de 36% de ácido em água; é empregado em soluções diluídas 1:1 até 1:5 (ácido:água), trabalha na temperatura ambiente ou até 50°C. O teor de ferro no banho não deve exceder a 10%.

O ácido sulfúrico comercial ( $d = 1,8$ ) é vendido puro e deve ser diluído com cuidado; é usado em concentrações de 5 a 25% de ácido e a temperatura é mantida, na maioria dos casos, entre 60 a 80°C. O teor de ferro não deve ultrapassar a 6%. Ambos recebem adições de inibidores e agentes tensoativos. Estes reduzem a tensão superficial, facilitando a penetração e a molhabilidade, eliminando alguma sujeira orgânica residual. O controle dos banhos de decapagem é feito pela titulação do ácido com hidróxido de sódio e o teor de ferro é determinado usando-se a titulação com bicromato de potássio.

#### 2.9.3.5 Decapagem eletrolítica

A operação de decapagem pode ser muito acelerada com o emprego da corrente elétrica, o que constitui a decapagem eletrolítica.

Neste processo, o oxigênio ou o hidrogênio, desenvolvidos pela eletrólise ajudam mecanicamente a remoção da camada de óxido, ao mesmo tempo em que o sódio decapante atua quimicamente na dissolução deste óxido. Com o emprego de inibidores no tratamento catódico, reduzem-se bastante as perdas de ácido e metal.

O hidrogênio produzido na decapagem não afeta o metal, pois o tempo de decapagem é muito curto, e assim o hidrogênio se desprende na forma gasosa.

Basicamente os vários métodos de decapagem eletrolítica trabalham com ácido ou misturas de ácidos empregando-se corrente contínua de 6V e com densidade de corrente de  $10 \text{ A/dm}^2$  durante curto tempo (1 a 10 minutos). As peças fazem o papel de cátodo são cátodo e os ânodos são de grafite ou ferro-silicoso. (Sistema Hanson – Van Winkle – Munning)

#### 2.9.4 Lavagem

A lavagem constitui uma etapa importante do processo de limpeza, não devendo ser negligenciada, em face aos seus aspectos técnicos e econômicos.

Antes de entrar no banho de decapagem, provinda de, no mínimo um desengraxe preliminar, a peça deve estar bem lavada pelas seguintes razões:

- Ao sair do desengraxeamento, a peça arrasta um volume de solução alcalina, que por si só, será um outro tipo de “sujeira” a ser eliminada na etapa seguinte. E alguns destes agentes alcalinos não são de fácil remoção.
- Além disto, os produtos alcalinos reagiriam com o ácido decapante, aumentando seu consumo global.

Assim, só depois da limpeza destes resíduos alcalinos é que a peça entra no banho ácido. E ao sair deste, arrasta a solução decapante, que varia de 40 a  $100 \text{ ml/m}^2$  e cerca de  $10 \text{ g/m}^2$  de íons de ferro. É claro que estas quantidades variam muito com o formato da peça, com a rugosidade da superfície e com a concentração e a temperatura do banho.

A remoção incompleta da solução contendo ácidos e produtos de decapagem podem afetar as etapas seguintes do processamento.

A lavagem deve ser feita criteriosamente, usando o processo de jato d'água (spray) ou por imersão em tanques com água corrente, a quente e a frio, agitada mecanicamente ou por sopradores de ar (comprimido isento de óleo  $10 \text{ l/seg/m}^2$  de tanque; 0,2 a 0,3 Bar/metro de coluna d'água).

Recomenda-se a adição de agentes tensoativos (0,2%) que reduzindo a tensão superficial propiciando as seguintes vantagens:

- Facilita o escoamento uniforme e rápido da água sobre a peça, o que reduz o tempo de secagem.
- Apressam a remoção das bolhas de hidrogênio aderentes ao metal.
- Promovem a remoção de qualquer resíduo oleoso, porventura existente sobre a peça e facilitam a remoção da carepa (resíduo) solta, mas não dissolvida que poderia acumular-se sobre a superfície do metal.

As últimas lavagens são feitas, em muitos casos, com água desmineralizada, que evita a presença dos íons comuns da água tratada, e que de alguma forma poderiam interferir nas etapas subsequentes do processamento, se ficassem depositadas após a evaporação.

#### **2.9.5 Neutralização**

Ao sair dos banhos de decapagem e da lavagem e, se estas operações foram executadas a contento para permitir a melhor adesão do revestimento, a superfície do metal ficará completamente exposta ao oxigênio do ar e, portanto irá oxidar-se imediatamente.

Quando não se pode ou mesmo não se pretende aplicar o revestimento imediatamente após a decapagem da peça, é comum neutralizar qualquer resíduo ácido remanescente com uma solução moderadamente alcalina composta em geral de bórax e barrilha (1:3 a 5% durante 5 minutos, a temperatura em cerca de 50°C . Deixa-se secar sobre a peça a solução. A proteção proporcionada é apenas temporária).

## 2.9.6 Banhos

### 2.9.6.1 Banhos de cobre ácido

São usados para fins decorativos e técnicos. As aplicações técnicas mais importantes são:

- Eletrorefinação
- Eletroformação
- Rotogravura
- Circuitos impressos
- Cobreação de barras de ferro condutoras

Com fins decorativos, os banhos de cobre ácido são muito usados em camadas anteriores a niquelação, para formar camadas de cobre brilhante sobre ferro e zamak. Tem um grande poder de nivelamento, exigindo um polimento menor e em muitos casos permitindo a aplicação direta da camada de níquel sobre cobre brilhante, sem lustração intermediária (economia na mão-de-obra).

Na cobreação de peças de ferro, zamak, ou alumínio, é necessário uma pré-cobreação em banho de cobre alcalino, porque senão, estes metais são fortemente atacados pelo banho de cobre ácido (devido à diferença de potencial entre estes metais e o cobre) e se forma então uma fina camada de cobre não aderente.

O banho de sulfato de cobre é quimicamente simples, e apresenta diversas fórmulas, sendo a mais usada:

Tabela 2 – Banho sulfato de cobre

Sulfato de cobre	180 a 250 g/l
Ácido sulfúrico 96%	40 a 75 g/l
Íon cloro	30 a 80 g/l
Abrilhantadores, niveladores e umectantes	

O sucesso dos banhos de cobre ácido à base de sulfato está embasado nas seguintes características:



- Alta velocidade de deposição
- Alto nivelamento
- Camadas dúcteis
- Alto brilho de camada de cobre
- Processo econômico.

Os banhos de cobre ácidos têm uma eficiência catódica perto de 100%. O cálculo da camada formada é simples: para se depositar a uma velocidade de 1 mm por minuto é necessária uma densidade de corrente de 5 A/dm<sup>2</sup>. As camadas usadas para fins decorativos são geralmente entre 10 e 25 mm. (SILVA, 1981)

#### **2.9.6.1.1 Penetração e Nivelamento**

Pelo fato da sua baixa polarização, os banhos ácidos não têm a penetração grande dos banhos alcalinos. A distribuição da camada é igual à distribuição primária da corrente, o que significa diferenças na espessura da camada sobre peças perfiladas.

Quando se fala sobre nivelamento (ou micro-penetração), deve-se entender que aqui se trata de diminuição da rugosidade do substrato. Sendo que a diminuição da rugosidade do substrato é um dos objetivos mais importantes do polimento deste, e não, como muitas vezes é entendida, a obtenção de um substrato brilhante. O poder de nivelamento torna-se um meio de diminuir o alto custo do polimento do substrato. (Silva, 1981)

O rendimento máximo destas soluções é conseguido usando a agitação com ar e um bom controle da temperatura. Temperaturas acima de 30°C afetam negativamente o poder de nivelamento e a formação do brilho.

#### **2.9.6.1.2 Controle e Manutenção**

Sob condições normais, os banhos de cobre ácido brilhante precisam de poucos reforços. Se o arraste do banho for muito baixo, a concentração do cobre metal aumentará lentamente e será necessária a diluição ocasional do banho ou a

substituição dos ânodos de cobre fosforados por ânodos de chumbo. Porém, na maioria dos casos, adições de sulfato de cobre e ácido sulfúrico se torna necessário.

A análise do cloro deve ser feita regularmente. No caso de falta de cloro podemos adicionar uma quantidade calculada de ácido clorídrico.

Em caso de teor de íon cloro alto, temos de tratar o banho com: zinco metálico em pó, carvão ativo e posterior filtração.

Os banhos de cobre ácido foram desenvolvidos para a agitação a ar. Existe no mercado ainda uma grande quantidade de banhos operados com agitação catódica, porém, com esta agitação, não se obtém a máxima vantagem de nivelamento e velocidade de eletrodeposição.

#### **2.9.6.1.3 Equipamentos**

Tanques revestidos com PVC, Koroseal e/ou borracha dura, podem ser usados. As tubulações para o resfriamento devem ser de chumbo, titânio ou teflon. As bombas filtro podem ser revestidas com borracha dura de composição aprovada ou de aço inox.

#### **2.9.6.2 Banhos de Níquel**

Existem diversos tipos de banhos de níquel, destinando-se cada um a uma aplicação específica, podendo em alguns casos haver a aplicação de dois ou mais processos proporcionando melhor resultado que a aplicação individual de cada um deles.

Iremos trabalhar com o Banho tipo Watts, é o mais utilizado, normalmente esse tipo de banho é utilizado no sistema de banho “parado”.

Sua composição é:

- Sulfato de Níquel 300 g/l
- Cloreto de Níquel 60 g/l
- Ácido Bórico 45 g/l

### 2.9.6.2.1 Função dos componentes

- **Sulfato de Níquel**

Proporciona o metal na solução, que deverá ser depositado na peça. (Válido também para o sulfamato de níquel).

- **Ácido Bórico**

Funciona como solução tampão catódico, ou seja, um regulador do pH na superfície catódica e na solução.

### 2.9.6.3 Banhos de Cromo

A solução do banho de cromo consiste de um composto conhecido como ácido crômico ( $\text{CrO}_3$  – na verdade anidrido crômico ou trióxido de cromo) dissolvido em água com uma pequena quantidade de catalisador, este composto, quando adicionado à água forma um composto  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ , este sim o ácido crômico, que se dissocia em íons cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) e íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ).

Na primeira reação acima, é consumido muito da energia para passagem de corrente elétrica. A segunda consome pouca energia elétrica, porém ela é de suma importância, pois torna a terceira reação possível. Sem o peróxido de chumbo na superfície do ânodo o cromo trivalente não seria reoxidado para  $\text{CrO}_3$ .

Portanto, a terceira reação mantém o equilíbrio formação – eliminação do cromo trivalente. Tão logo termine a operação de deposição, a película de peróxido de chumbo ( $\text{PbO}_2$ ) reage com a solução formando cromato de chumbo ( $\text{PbCrO}_4$ ), de cor amarela, nos ânodos que permanecem na solução. Se algum dos ânodos apresentarem essa cor amarela ou laranja, durante o processo ou imediatamente após o trabalho, significa que efetivamente ele não está trabalhando. (Silva, 1981)

A causa disto pode ser:

- contato deficiente entre o gancho do ânodo e o barramento
- deficiente contato interno entre o gancho e o ânodo
- ânodo mal dimensionado, não permitindo o fluxo de corrente
- ânodo pode estar em curto circuito com algum condutor submerso.

## **2.10 Agressões à saúde causadas pelo Cromo, Níquel, Cobre e Ácidos, Álcalis e Solventes – Dermatoses Ocupacionais**

As dermatoses ocupacionais constituem em nosso meio, uma parcela ponderável das doenças profissionais. Torna-se mesmo assunto de avaliação difícil e complexa. Grande número destas dermatoses não chega a estatística e sequer ao conhecimento dos especialistas. Muitas são autotratadas, outras são atendidas no próprio ambulatório da empresa. Algumas chegam até o clínico e ao especialista nos consórcios médicos que prestam assistência em regime de convênio com o Instituto Nacional de Seguro Social. Apenas uma pequena parcela destas dermatoses chega até os serviços especializados. Atentando para esta situação de fato, torna-se extraordinariamente difícil avaliar, em toda a sua extensão, o número global de trabalhadores afetados. Tendo em vista este aspecto assaz complexo de avaliação, quanto ao número real das dermatoses de causa profissional, podemos, mesmo assim, tomando dados estatísticos dos países industrializados, afirmar ser esta a causa mais comum de doença profissional. Algumas delas, em que ocorre a sensibilização alérgica, podem ocasionar a incapacidade permanente para a profissão. (MENDES, 1998).

### **2.10.1 Definição de Dermatose Ocupacional**

Toda alteração da pele, mucosas e anexos direta ou indiretamente causada, condicionada, mantida ou agravada por tudo aquilo que seja utilizado na atividade profissional ou exista no ambiente de trabalho.

Causas das dermatoses ocupacionais:

Dois grandes grupos de fatores podem ser enumerados como condicionadores de dermatoses ocupacionais;

- fatores predisponentes ou causas indiretas;
- causas diretas: constituídas por agentes biológicos, físicos, químicos, existentes no meio ambiente e que atuariam diretamente sobre o tegumento, quer produzindo, quer agravando dermatose preexistente.

### As Dermatites não Ocupacionais:

Um grande número de afecções dermatológicas podem corresponder aos aspectos clínicos similares, como por exemplo:

Desidrose, neurodermatite, dermatite atópica, eczema numular, dermatite seborreica, dermatofitose, erupção por drogas, fotodermatose, escabiose, líquen plano, picadas de insetos com reação local, psoríase, hanseníase e sífilis.

O diagnóstico diferencial se faz principalmente com a fundamentação da história ocupacional do paciente e o exame físico dermatológico dirigido, os quais deverão conduzir ao possível agente ideológico. Exames laboratoriais como histopatologia e testes de contato também podem ser utilizadas para este fim.

No pré-tratamento, as peças devem ser polidas e limpas por processo eletrolítico ou com solventes. Nesse processo podem ocorrer agressões à pele ocasionando dermatites irritativas devido ao contato da pele com solventes diversos. Do mesmo modo o contato com ácidos e soluções alcalinas pode ocasionar lesões mais graves, como queimaduras químicas com áreas ulceradas e cicatrização demorada.

Após o pré-tratamento, as peças estão prontas para receber o revestimento metálico. Nessa fase pode ocorrer liberação de névoas do banho, se as medidas de proteção adequadas forem negligenciadas. As névoas podem atingir os olhos (conjuntivas) do trabalhador, podendo causar conjuntivites irritativas. A inalação freqüente de névoas crômicas podem irritar as narinas e perfurar o septo nasal. O contato do líquido do banho de metal com a pele previamente lesada ocasiona o aparecimento de lesões ulceradas, de tratamento demorado, conhecidas como úlceras de cromo. A inalação de névoas ácidas presentes em vários banhos pode causar a destruição do esmalte e subsequente erosão e destruição dos dentes.

#### **2.10.2 Dermatoses causadas pelos sais do cromo**

Ações de CromoVI (Hexavalente) sobre o tegumento e as vias aéreas dos trabalhadores: O ácido crômico utilizado na eletrodeposição de metais apresenta-se na forma hexavalente. O cromo hexavalente é irritante para o

tegumento e as via aéreas superiores. A forma trivalente é menos irritante e tóxica.

A forma hexavalente é reduzida na pele à forma trivalente pela mitionina, cistina e cisteína. Acredita-se que, após redução à forma trivalente, o cromo se ligue a proteínas para formar o complexo hapteno - proteína, sensibilizando o trabalhador afetado.

### **2.10.3 Dermatite irritativa de contato (DIC) – úlceras do cromo**

Na indústria de eletrodeposição de metais, utiliza-se o ácido crômico no processo de revestimento metálico. Em muitas empresas a cromação de peças pequenas é feita manualmente pelo operário, que as coloca em ganchos mergulhadas em tanques com a solução de ácido crômico. Neste trabalho, o líquido do banho pode chegar à pele do trabalhador.

O contato da solução com a pele previamente lesada por arranhões causados pela ganchos e outros materiais pode ocasionar ulcerações locais. Gomes (1970), em sua tese de mestrado, estudou as condições de saúde de 1.962 operários sindicalizados de 94 galvanoplastias, sendo 75 na capital e 19 no interior do Estado de São Paulo. Deste grupo foram estudados 303 operários por terem contato direto com os banhos de cromação, 116; 303 (38,4%) apresentavam ulcerações de septo nasal e 71;303 (24%) apresentavam perfurações do septo nasal, 113;303 (37,2%) com úlceras cutâneas devido ao contato. Estes índices elevados mostram a situação precária de funcionamento destas pequenas empresas na época. Estas lesões são conhecidas como úlceras do cromo, e caso sejam tratadas de modo inadequado podem apresentar cicatrizações muito lenta.

Quadro clínico: As lesões ativas são geralmente arredondadas, muitas vezes em forma de anel com borda dupla, e tendem a necrosar na parte central. O tamanho depende fundamentalmente da área lesada. A queixa de dor local varia de acordo com processo inflamatório presente. Raramente encontramos infecção secundária nessas lesões. Deve-se salientar que a perfuração, uma vez estabelecida, é definitiva, não sendo raro a reativação de lesões nas áreas perfuradas.

#### **2.10.4 Dermatite alérgica de contato (DAC) por cromatos**

As dermatites de contato são divididas em irritativas e alérgicas.

A dermatite de contato causada pelo cromo e cromatos é uma das mais comuns em todo o mundo, sendo a espécie alérgica a mais freqüente. Em nosso meio, a alergia por cromato ocorre com maior freqüência em trabalhadores da construção civil em contato com cimento úmido. A alergia por cromatos (cromo hexavalente) tem sido descrita em muitas atividades industriais.

#### **2.10.5 Erupções acneiformes e miliária rubra**

As peças a serem cromadas e niqueladas precisam ser lixadas, polidas e limpas. O polimento final pode ser feito usando politrizes com tiras de couros, sobre os quais se coloca sebo. Nesta fase, sujeira, partículas de peças polidas e sebo podem atingir a pele exposta e também o vestuário do trabalhador, caso as medidas de higiene sejam descuidadas. O vestuário sujo pode contaminar a pele e irritar o ósteo folicular causando lesões acneiformes. Este processo é conhecido como elaiocniose. Muitas vezes podem ocorrer também irritação e obstrução das glândulas sudoríparas, conhecida como miliária rubra. Na fase de preparação das peças a serem cromadas ou niqueladas, podem coexistir quadros clínicos distintos de elaiocniose e miliária rubra.

#### **2.10.6 Ação do cromo hexavalente sobre as vias aéreas superiores**

O cromo hexavalente é irritante para as vias aéreas superiores. A inalação de névoas provenientes dos tanques de cromação pode irritar e perfurar o septo nasal de trabalhadores suscetíveis. A inalação de névoas de ácido crômico durante vários anos pode causar o aparecimento de carcinoma broncogênico, se as medidas de proteção não forem observadas.

#### **2.10.7 Perfuração do Septo Nasal**

Nas cromadoras em que o processo de cromação não é automatizado, o operário pode se expor muitas horas por dia a níveis de concentração elevados de névoas de ácido crômico sobre as vias aéreas superiores; isto pode ocasionar

ardor, irritação sangramento, ulceração e finalmente a perfuração do septo nasal do operador exposto.

#### **2.10.8 Câncer Brônquico**

Exposição crônica dos pulmões as névoas de ácido crômico aumenta a incidência do carcinoma broncogênico.

#### **2.10.9 Asma**

Ação irritante das névoas do ácido crômico nas vias aéreas superiores pode desencadear crises asmáticas em operários suscetíveis.

#### **2.10.10 Outras manifestações clínicas**

A exposição de névoas de ácido crômico em concentrações maiores que 2 µg ou 2 ppm pode causar em trabalhadores suscetíveis manifestações clínicas, tais como: irritação das conjuntivas, lacrimejamento, coceira e irritação nasal, epistaxe eritema e congestão da mucosa nasal, coloração marrom na língua e dentes em pacientes não – fumantes.

#### **2.10.11 Medidas Preventivas**

A prevenção coletiva pode ser feita pela automatização das várias fases do processo de eletrodeposição de metais, enquanto, individualmente, deve-se recorrer à utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) com luvas, aventais, botas e máscaras apropriados, quando o processo ou fases dele não forem automatizados.

### **2.11 Dermatoses causadas pelo Níquel**

A ação nociva do níquel e seus compostos atingem as vias aéreas superiores e os tegumentos. Podem ocorrer reações irritativas nos globos oculares, narinas, orofaringe e pulmões, provocando crises de conjuntivite, rinite e asma brônquica. No tegumento, é freqüente a ocorrência de eczemas de contato alérgico, com quadros típicos e testes epicutâneos positivos.

Antes de serem cromadas (douradas) ou receber outro tipo de revestimento, as peças metálicas recebem banho de níquel. Nesta fase, os



trabalhadores podem desenvolver dermatoses por terem partes do tegumento expostas aos líquidos do banho.

Dois quadros clínicos têm sido comumente descritos: Uma forma que apresenta micropápulas escoriadas, que atingem o dorso dos dedos, mãos, punhos, antebraços e abdome, conhecida como sarna dos niqueladores (forma irritativa), e outra com lesões vésico – eritêmato – edematosas no dorso das mãos e antebraços, que quando se tornam crônicas podem atingir outras áreas do tegumento; nesses casos os testes epicutâneos frequentemente são positivos (forma alérgica). Há, ainda, uma terceira forma anômala e rara, que acomete, principalmente, operários pardos. É a forma eritêmato-liquenoíde, inicialmente pruriginosa com o afastamento das atividades no trabalho e terapêutica tópica, remite rapidamente. O aspecto clínico lembra muito o líquem plano.

### **2.11.1 Dermatite alérgica de contato (DAC) pelo níquel - incidência**

O níquel é um dos alérgenos mais comuns da atualidade. A alergia ao níquel ocorre de forma predominante no sexo feminino em virtude do uso de vários adornos niquelados, como colares, pulseiras, brincos, fivelas, correntes e outros. Na Europa, até 1930, a dermatose pelo níquel era predominantemente ocupacional e ocorria na maioria das vezes em trabalhadores da galvanoplastia. Desde então, este quadro mudou sensivelmente. Estudos feitos entre 1936 e 1955 mostraram que 4% dos indivíduos sensibilizados provinham da indústria da galvanoplastia, 86,5% sensibilizaram-se pelo contato com objetos niquelados e 9,5% por outras formas de contato. De modo geral, acredita-se que a sensibilização primária ao níquel se dê pelo contato da pele com adornos e outros objetos niquelados, não obstante as mulheres trabalhem hoje em atividades industriais que, até alguns anos atrás, eram de competência do sexo masculino. Na área ocupacional, a incidência de sensibilização ao níquel tem sido menor do que aquela encontrada na população em geral. A sensibilização ao níquel no sexo feminino chega a ser 12 vezes maior do que no sexo masculino. Desde o processo de extração e refino do níquel, o trabalhador pode ser afetado pela exposição a subprodutos do metal, que podem causar inúmeras patologias no trabalhador.

### **2.11.2 Urticária de contato pelo níquel**

A urticária de contato por objetos niquelados pode ocorrer principalmente em indivíduos atópicos. Os testes de contato geralmente são negativos. O Prick-teste com sulfato de níquel a 2,5% em vaselina pode ser positivo. As leituras devem ser efetuadas após cerca de 20 minutos.

### **2.11.3 Medidas preventivas**

O conhecimento sistematizado do agente e do meio ambiente facilita a adoção de medidas preventivas em todos os níveis. Em nível primário:

- Propiciar o conhecimento prévio pelo trabalhador dos riscos produzidos pela exposição ao níquel e seus compostos;
- Possibilitar o enclausuramento e a automatização dos processos de produção, a fim de reduzir ao mínimo eventual contato do metal com a pele do trabalhador.
- Fornecer botas, luvas, aventais e outros itens de Equipamento de Proteção Individual (EPI) em PVC, quando o trabalhador necessitar entrar em contato com os banhos de niquelação e cromação. Sabe-se que os sais de níquel conseguem penetrar nas luvas de borracha, mas não nas PVC.
- Manter rigorosa higiene pessoal, incluindo o vestuário e armários individualizados. Quando a pele for atingida pelo banho de níquel, deve-se lavá-la imediatamente e deve ser substituída prontamente a roupa atingida por respingos ou umedecida pelo contato com as bordas dos tanques de niquelação;
- Fornecer equipamento respiratório, quando a concentração de fumos e vapores de níquel no ambiente de trabalho exercer os limites mínimos estabelecidos na legislação;
- Realizar exames periódicos a cada seis meses;

## **2.12 Dermatoses causadas pelo Cobre**

O cobre é um metal vermelho escuro muito utilizado na fabricação de ligas metálicas. O latão é resultante de uma liga metálica, que contém cerca de duas partes de cobre para um de zinco. O bronze, uma liga metálica na qual predomina o cobre e o estanho.

Os sais de cobre são usados como mordente em tinturaria, germicida, preservativos para madeiras, tintas e no processo de eletrodeposição de metais, no qual são utilizados sais de cobre, ácidos e alcalinos.

### **2.12.1 Dermatite irritativa de contato (DIC) pelo cobre**

É pouco freqüente, mas pode ocorrer. A inalação de certos sais de cobre produz, processos irritativos similares àqueles encontrados na exposição de cromatos. Em situações especiais, podem causar ulceração e perfuração do septo nasal.

### **2.12.2 Dermatite alérgica de contato (DAC) pelo cobre**

É pouco freqüente em razão do baixo potencial alérgico de sais e cobre. A fumaça que advém do aquecimento deste metal liberar fumos que causam a febre por fumos metálicos.

## **2.13 Ácidos, Álcalis e Solventes**

Dermatoses ocupacionais por ácidos, álcalis e solventes são freqüentes nas indústrias metalúrgicas e de eletrodeposição de metais. É sabido que os ácidos, álcalis e solventes são irritantes para pele, embora a ação irritativa dependa do tipo de substância, da concentração e do tempo de contato dessas substâncias com a pele do trabalhador. Elas podem causar dermatoses leves, moderadas e severas. Dependendo do tempo de exposição, ácidos ou álcalis fortes podem causar lesões ulceradas graves, conhecidas como queimaduras químicas. Névoas ácidas e alcalinas podem irritar os olhos e causar conjuntivites e erosões no esmalte dos dentes dos trabalhadores.

### **3. Metodologia**

Nosso estudo se pautou pela visita à uma empresa metalúrgica, a qual possuía um setor de galvanoplastia, onde foi possível observar o modo operatório dos seus trabalhadores.

Foi solicitada à empresa uma cópia do P.P.R.A..

Houve um contato junto ao Médico coordenador do P.C.M.S.O. tendo sido encaminhado um protocolo solicitando informações referentes à saúde da população estudada.

Apresentamos a seguir as etapas utilizadas para analisar as condições do ambiente de trabalho do setor de galvanoplastia da empresa:

- Bibliografia consultada
- Visita “in loco” e levantamento fotográfico
- Dados do PPRA
- Levantamento das Condições de Saúde dos colaboradores

### **4. Apresentação de Resultados**

#### **4.1 Bibliografia consultada**

Estão definidos no item anterior os aspectos a serem observados quanto aos processos utilizados, seus agentes de risco e conseqüentes agressões à saúde da população exposta.

#### **4.2 Visita “in loco” e levantamento fotográfico**

Em nossa visita, identificamos as principais características dos ambientes de trabalho da empresa, as quais foram registradas através de fotografias.

**4.2.1 Identificação da empresa**

Cromo Azul Indústria e Comércio de Artefatos de Arames Ltda.

Rua Papoula, 545 – Itaquaquetuba / SP

Nº de Funcionários (total): 90

CNAE: 28.39.9.00 – Tratamento de superfícies em metais.

Grau de Risco: 4

Horário de Trabalho:	de Segunda a Sábado
	1º turno das 5h20 as 13h20
	2º turno das 13h40 as 22h00
	Intervalo de 1,0 hora para almoço
Tempo de exposição diário:	7 horas e 20 minutos.

#### 4.2.2 Instalações da empresa

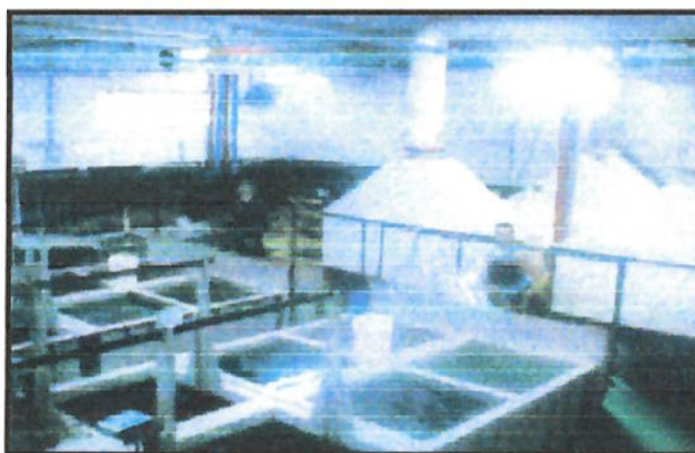
A área onde se desenvolvem os trabalhos é de um galpão de concreto armado, com blocos de cimento, cobertura de telhas de fibrocimento e translúcidas, com estrutura em concreto, dividido da seguinte forma:

##### 4.2.2.1 Linha I - linha de produção antiga

Paredes de bloco de cimento pintadas com tinta látex; piso cimentado liso desempenado; sobre-piso de madeira; iluminação natural e artificial fornecida por luminárias de lâmpadas fluorescentes distribuídas de forma transversal em toda linha. O pé direito é de aproximadamente 8 metros e a ventilação é fornecida de forma mecânica por ventiladores de parede, exaustores de parede e janelas tipo venezianas.



**Fig. 2 – Tanques galvânicos**



**Fig. 3 – Tanques galvânicos**

#### 4.2.2.2 Banhos

A área onde se desenvolvem os trabalhos é de um galpão de concreto armado, com paredes de blocos de cimento, pintadas com tinta látex, e revestidas com placas de PVC, com altura aproximada de 2,0 mts.

O piso é cimentado liso desempenado, revestido com placas de PVC soldadas com calhas de PVC direto para o E.T.E. e com sobre-piso de plástico recuperado.

A iluminação é natural, sendo a artificial fornecida por luminárias de lâmpadas fluorescentes distribuídas de forma transversal em toda linha, por janelas tipo venezianas e telhas translúcidas.



**Fig. 4 - Banhos**

#### 4.2.2.3 Decapagem

A área onde se desenvolvem os trabalhos é de um galpão de concreto armado, com paredes de blocos de cimento, pintadas com tinta látex, e revestidas com placas de PVC, com altura aproximada de 2,0 mts.

O piso é cimentado liso desempenado, revestido com placas de PVC soldadas com calhas de PVC direto para o E.T.E. e com sobre-piso de plástico recuperado.

A iluminação é natural, sendo a artificial fornecida por luminárias de lâmpadas fluorescentes distribuídas de forma transversal em toda linha, por janelas tipo venezianas e telhas translúcidas.



**Fig. 5 - Decapagem**



### 4.2.3 Características da população

#### 4.2.3.1 Perfil dos trabalhadores

O quadro de funcionários é formado por:

- **Número de funcionários:**

88 Homens / 2 Mulheres

- **Faixa Etária:**

Média de 30 anos de idade / Nenhum Menor

- **Escolaridade:**

**Tabela 3 – Nível de escolaridade dos funcionários**

Fundamental	63 funcionários
Médio	20 funcionários
Superior	7 funcionários

#### 4.2.3.2 Relação entre as funções e a quantidade de funcionários

Todas as funções referentes aos funcionários da empresa estão relacionadas no quadro abaixo:

**Tabela 4 - Tabela de funções x quantidade de funcionários**

<b>Função</b>	<b>Quantidade</b>
Ajudante Geral	80
Químico	01
Auxílio de Laboratório	01
Encarregado Geral	01
Encarregado Expedição	01
Encarregado Cromação	01
Auxiliar de Escritório	01
Motorista	03

#### 4.2.3.2 Descrição das funções

As principais atividades desenvolvidas na empresa por cada um dos seus colaboradores estão descritas no quadro abaixo:

**Tabela 5 - Tabela de descrição das funções**

<b>Funções</b>	<b>Atividades</b>
Químico / Supervisor de Cromo	Realizar ensaios, análises químicas e físico-químicos, selecionando metodologias, materiais, reagentes de análise e critérios de amostragem, homogeneizando, dimensionando e solubilizando amostras. Produzir substâncias, desenvolver metodologias analíticas, interpretar dados químicos, supervisionar procedimentos químicos, coordenar atividades químicas laboratoriais e industriais.
Encarregado de Cromação	Coordenar a ordem dos banhos, verificar o tempo, qualidade do produto, controlar a quantidade de produtos no estoque, velocidade da linha de produção.
Auxiliar de Laboratório	Auxiliar o químico em serviços de laboratório
Motorista	Realizar o transporte do material de uma fábrica para outra , dirigindo empilhadeira
Encarregado de expedição	Coordenar o recebimento de matéria prima, material bruto e também a entrega do material beneficiado para as outras unidades fabris, ou para o galpão da expedição, coordenando a saída dos motoristas.
Auxiliar de escritório	Serviços gerais de escritório
Ajudante geral	Colocar e retirar o material a ser tratado nos tanques, efetuando a movimentação, embalar os produtos, além de realizar todos os serviços de natureza braçal, expondo-se a todos agentes nocivos existentes na empresa.

### 4.3 Resultados obtidos através dos Levantamentos Ambientais apresentados no P.P.R.A.

#### 4.3.1 Definição dos grupos homogêneos de exposição

Tabela 6 - Tabela de definição dos grupos homogêneos de exposição

FUNÇÕES	ÁREA DE TRABALHO	Nº DE EXPOSTOS	GHE
AJUDANTE GERAL	BANHOS/DECAPAGEM	80	1
CCOORDENADOR DE CROMAGEM	BANHOS/DECAPAGEM	01	

**Nota:** Os grupos homogêneos de exposição são obtidos, a partir da caracterização básica da observação e conhecimento do processo, das atividades e dos agentes, ou seja, das exposições que ocorrem nos ambientes de trabalho.

#### 4.3.2 Ruído

Tabela 7 - Tabela de níveis de pressão sonora

SETOR / GHE	Leq dB(A) Obtido	LIMITE DE TOLERÂNCIA BRASIL NR 15	NÍVEL DE AÇÃO NR 9	NÍVEL DE CONFORTO NR 17
BANHOS (CROMAGEM)	79	85	80	NE
DECAPAGEM	78	85	80	NE

NE – Não estabelecido

#### 4.3.3 Iluminamento

Tabela 8 - Tabela de nível de iluminamento

SETOR	NÍVEL MÉDIO LUX	RECOMENDADO NBR 5413 ABNT	SITUAÇÃO
BANHO CROMO	410	200	CONFORME
BANHO NÍQUEL	390	200	CONFORME
BANHO COBRE	280	200	CONFORME
DECAPAGEM	660	200	CONFORME

**Nota:** A notação conforme / não-conforme, significa respectivamente que a iluminação do local está adequada à legislação ou não está adequada a legislação vigente – Norma Regulamentadora (NR) nº 17, Ministério de Trabalho e NBR 5413/92 – ABNT.

#### 4.3.4 Calor

**Tabela 9 - Tabela de resultados das medidas de temperatura ambiente**

<b>Setor / Local</b>	<b>T<sub>bn</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>g</sub> (°C)</b>	<b>IBUTG (°C)</b>	<b>METABOLISMO (Kcal/h) TIPO DE ATIVIDADE</b>	<b>MÁXIMO IBUTG PERMITIDO (°C)</b>
CROMAGEM	23,1	29,4	25,0	225/ MODERADA	26,7
DECAPAGEM	19,8	26,4	21,8	225/ MODERADA	26,7

**Nota:** Segundo Dukes-Dobos (NIOSH) o IBUTG recomendado para as mulheres deve ser 1,7°C inferior ao dos homens.

### 4.3.5 Concentração dos contaminantes no ar nas áreas de Banhos e Decapagem

#### 4.3.5.1 Área de Banhos 1

Tabela 10 – Conjunto de tabelas – concentração dos contaminantes no ar na área de banhos

AGENTES	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas		LIMIAR DE ODOR	IPVS
Amostrador 1835			mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm
Cobre	mg/m <sup>3</sup>	ppm	<0,01	0,17	—	—
Cromo			<0,01	0,44	—	30mg/m <sup>3</sup>
Níquel			0,01	1,32	—	—

AGENTES	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas		LIMIAR DE ODOR	IPVS
Amostrador 1834			mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm
Cobre	mg/m <sup>3</sup>	ppm	<0,01	0,17	—	—
Cromo			<0,01	0,44	—	30mg/m <sup>3</sup>
Níquel			<0,01	1,32	—	—

AGENTES	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas		LIMIAR DE ODOR	IPVS
Amostrador 1833			mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm
Cobre	mg/m <sup>3</sup>	ppm	<0,01	0,17	—	—
Cromo			<0,01	0,44	—	30mg/m <sup>3</sup>
Níquel			0,01	1,32	—	—

AGENTES	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas		LIMIAR DE ODOR	IPVS
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm
Cianeto gasoso	0,2	0,17	4,4	4,13	0,1-5	50
Cianeto particulado	<0,1	—	4,4	4,13	50	—

AGENTES	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas		LIMIAR DE ODOR	IPVS
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm
Ácido nítrico	<0,1	<0,1	4,5	—	0,27	100
Ácido sulfúrico	<0,1	<0,1	0,88	—	0,15	80mg/m <sup>3</sup>
Ácido clorídrico	<0,1	<0,1	6,6	—	0,25-10	100

AGENTES	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas		LIMIAR DE ODOR	IPVS
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm
Ácido bórico	<1,5	—	8,8	—	—	—

AGENTES Amostrador 809	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas	LIMIAR DE ODOR	IPVS
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm
Ácido crômico	0,01	—	0,04	—	30mg/m <sup>3</sup>

AGENTES Amostrador 808	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas	LIMIAR DE ODOR	IPVS
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm
Ácido crômico	0,015	—	0,04	—	30mg/m <sup>3</sup>

AGENTES Amostrador 807	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas	LIMIAR DE ODOR	IPVS
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm
Ácido crômico	0,022	—	0,04	—	30mg/m <sup>3</sup>

#### 4.3.5.2 Área de Decapagem 1

Tabela 11 – Conjunto de tabelas – concentração dos contaminantes do ar na área de decapagem

AGENTES	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas	LIMIAR DE ODOR	IPVS
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm
Ácido nítrico	<0,1	<0,1	4,5	0,27	100
Ácido sulfúrico	<0,1	<0,1	0,88	0,15	80mg/m <sup>3</sup>
Ácido clorídrico	<0,1	<0,1	6,6	0,25-10	100

AGENTES	RESULTADOS		TLV/TWA Corrigido para 44 horas	LIMIAR DE ODOR	IPVS
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm
Ácido nítrico	<0,1	<0,1	4,5	0,27	100
Ácido sulfúrico	<0,1	<0,1	0,88	0,15	80mg/m <sup>3</sup>
Ácido clorídrico	<0,1	<0,1	6,6	0,25-10	100

TLV – TWA corrigido para jornada de 44 horas semanais: A correção do TLV é recomendada em função de ser o valor determinado (TLV) para jornadas de 40 horas semanais, a correção, portanto, é realizada através da fórmula de BRIEF & SCALA, conforme segue:

$$FC = \frac{40}{44} \times \frac{168 - 44}{128} = 0,88$$

Assim sendo, considerando o TLV em  $\text{mg/m}^3$  ou ppm, temos, portanto, que para jornada de 44 horas semanais o TLV corrigido ( $\text{TLV} \times 0,88$ ).

#### 4.3.5.3 Área de Banhos 2

Tabela 12 – Conjunto de tabelas – concentração dos contaminantes no ar na área de banhos

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO		ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm		
CROMO*	<0,01	—	0,5	—	1,5	—	NÃO	NA

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO		ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm		
NIQUEL	0,01	—	0,28	0,04	0,84	0,12	NÃO	NA

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO		ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm		
COBRE*	0,01	—	1	2,6	2	5,1		

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO		ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm		
CIANETO GASOSO	0,2	0,17	9	8	18	16	SIM	NA
CIANETO PARTICULADO*	<0,1	—	—	—	10	4,7	SIM	SIM

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO		ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm	$\text{mg/m}^3$	ppm		
ÁCIDO SULFURICO*	<0,1	<0,1	1	0,25	2	0,75		

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO	ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	
ÁCIDO CRÔMICO	0,01	—	0,04	—	0,12	—	NÃO NA

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO	ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	
ÁCIDO BÓRICO *	1,5	—	8,8	—	17,6	—	NÃO NA

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO	ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	
ÁCIDO NÍTRICO*	<0,1	<0,1	5,15	2	10,3	4	NÃO NA

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO	ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	
ÁCIDO CLORÍDRICO	<0,1	<0,1	5,5	4	11	8	NÃO SIM



#### 4.3.5.4 Área de decapagem 2

Tabela 13 -- Conjunto de tabelas – concentração dos contaminantes no ar na área de decapagem

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO	ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	
ÁCIDO ÁCIDO SULFÚRICO*	<0,1	<0,1	1	0,25	2	0,75	

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO	ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	
ÁCIDO CLORÍDRICO	<0,1	<0,1	5,5	4	11	8	NÃO SIM

AGENTES	RESULTADOS		LT – BRASIL NR 15 anexo 11		VALOR MÁXIMO	ABSORVE VIA PELE	LT VT
CONCENTRAÇÃO MÉDIA	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	
ÁCIDO NÍTRICO*	<0,1	<0,1	5,15	2	10,3	4	NÃO NA

**Nota: (\*)** TLV da ACGIH (Valores não estabelecidos pela NR 15 - anexo 11).

NA – Não se aplica

LT – VT: Limite de tolerância valor teto – Agentes químicos cujos limites de tolerância não podem ser ultrapassados em momento algum da jornada de trabalho. Considerar-se-á excedido o limite de tolerância, quando qualquer uma das concentrações obtidas nas amostragens ultrapassar os valores fixados no quadro 1 do anexo 11, NR 15.

Valor Máximo – Cada uma das concentrações não deverá ultrapassar os valores obtidos na equação que segue, sob pena de ser considerada situação de risco grave e iminente.

$$\text{Valor Máximo} = \text{LT} \times \text{FD}$$

Onde:

LT = Limite de tolerância para o agente químico segundo o quadro 1 do anexo 11, NR 15.

FD = Fator de desvio, segundo definido no quadro 2 da NR 15, anexo 11.

#### **4.4 Levantamento das condições de saúde dos funcionários do setor de Banhos e Decapagem**

Na verificação do estado de saúde dos funcionários destes setores, entrevistamos o médico coordenador do P.C.M.S.O. da empresa, o qual não pertence ao quadro de funcionários, sendo prestador de serviços da mesma, através da elaboração do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional e realização dos exames clínicos obrigatórios de acordo com a NR 7. Para os setores de banhos e decapagem, o programa prevê a realização dos exames semestralmente junto aos 81 colaboradores (80 ajudantes gerais e 1 coordenador de cromagem).

Solicitamos ao médico coordenador as informações sobre os achados encontrados na avaliação clínico – laboratorial respectiva ao grupo estudado.

Na avaliação clínica, padronizamos junto ao coordenador o levantamento respectivamente dos seguintes critérios diagnósticos:

- Ulcerações em mãos, antebraços, braços ou outras partes do corpo
- Erupções aceniformes
- Miliária rubra
- Úlcera nasal
- Perfuração nasal
- Micropápulas
- Lesões eritematosas
- Câncer brônquico
- Asma brônquica em funcionários sem histórico de asma pregressa
- Epistaxe (sangramento nasal)
- Irritação nasal com obstrução, em funcionários sem histórico de rinite alérgica
- Escurecimento dentário em não fumantes
- Conjuntivites não infecciosas
- Queimaduras

A intenção foi detectar as alterações clínicas que poderiam ser correlacionadas com as doenças ocupacionais causadas respectivamente pelo Cromo, Níquel, Cobre, Ácidos e Alcalis.

Solicitamos também informações sobre os Indicadores Biológicos NR 7

A dosagem verificada foi a do Cromo hexavalente, dosado através do encontro do cromo na urina no final da jornada semanal, conforme a determinação legal, de acordo com o quadro 1.

#### 4.4.1 Indicador Biológico da NR 7 para o cromo – quadro 1

Tabela 14 – Quadro de indicador biológico NR- 7

Agente	Determinante	Horário da coleta	IBMP	VR
Cromo hexavalente	Urina - cromo	Final da jornada e da semana	30 ug/g creatinina	5 ug/g creatinina

#### 4.4.2 Resultados obtidos

Apresentamos a seguir os resultados obtidos de acordo com os critérios diagnósticos e os indicadores biológicos do cromo:

Tabela 15: Critérios diagnósticos

Critérios Diagnósticos	Número de Evidências Clínicas encontradas	% em relação ao número geral do grupo avaliado
Ulcerações ativas com aspecto característico de bordas bem delimitadas e com núcleo necrótico em mãos, e ou antebraços, e ou braços, e ou outras partes do corpo.	20	25%

**NOTA:** Houve evidente manifestação patológica de ordem dermatológica, expressas através da verificação no exame clínico de lesões do tipo ulcerações ativas em mãos, antebraços, braços e outras partes do corpo.

Tabela 16: Resultado obtido do indicador biológico cromo

Agente	Agente Químico	IBMP	VR	Número De Exames realizados	Exames acima dos limites de referência	% de exames alterados
Cromo hexavalente	Urina - cromo	30 ug/g creatinina	5 ug/g creatinina	81	0	0

**NOTA:** Não foi encontrado nenhum resultado que evidenciasse a exposição ao cromo através da inalação do cromo hexavalente.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A principal fonte de poluição do ar nas operações de galvanoplastia é a liberação de conteúdo do banho para o ar, devido a formação de bolhas no banho. O banho opera como se fosse uma célula eletrolítica.

Assim, a água é dissociada, o hidrogênio é liberado no cátodo e o oxigênio é liberado no ânodo. Quando a película envolvente das bolhas de gás se rompe, há a formação de pequenas gotas de jato de líquido que sobe na depressão causada pela bolha, formando uma segunda gotícula com ordem de magnitude maior do que a gotícula original. Esta gotícula representa o principal poluente do ar, ou seja, névoa respirável do líquido do banho.

A taxa de geração de névoas nos tanques de galvanoplastia depende da eficiência do processo.

Com o cobre, a eficiência do revestimento com o banho de sulfato é próxima de 100 % isto é, essencialmente, toda energia vai para a operação e muito pouco é usado na dissociação da água e na liberação de névoa.

A liberação de névoa com o níquel é mínima, uma vez que estes banhos operam com 95 % de eficiência; assim, a penas 5 % da energia é direcionada para a dissociação de água e formação de névoa.

Entretanto, as operações com o cromo são muito pouco eficientes e até 90 % da energia total pode ser usada na dissociação da água, resultando em grande formação de gases e riscos significativos de exposição à névoa do ácido crômico.

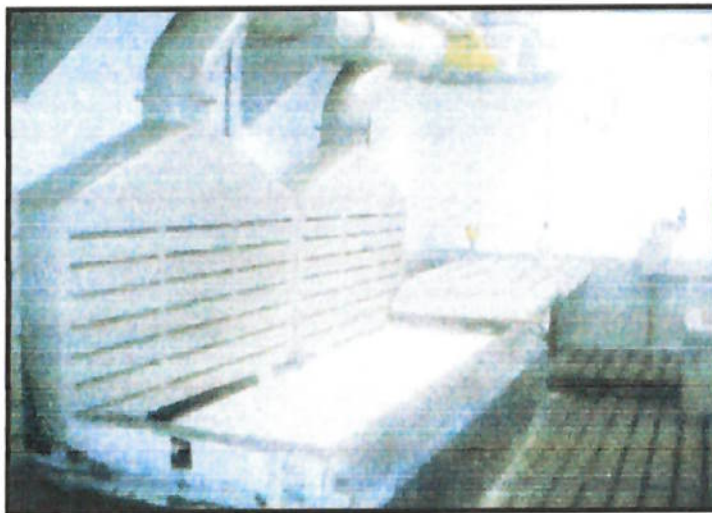
### 5.1 Meios de proteção – evidências

#### 5.1.1 Equipamentos de Proteção Coletiva – E.P.C.

Nos locais de trabalho (áreas de banhos e decapagem), há instalado e em funcionamento, sistema mecânico de ventilação local exaustora com captosres convencionais para tanques de superfície aberta – tipo multi-fresta com aberturas plenas associadas à ventilação geral diluidora, proporcionada pelas características construtivas do local.

Este sistema oferece uma corrente de ar que varre transversalmente a superfície do tanque em direção a abertura da coifa, estando instalado no sentido oposto ao do trabalhador.

Nas verificações efetuadas, a medida da velocidade de retirada do ar nas aberturas das coifas (face dos captadores), foi em média, 1,0 m/s. Portanto, adequado.



**Fig. 6 – Ventilação local exaustora**

### **5.1.2 Equipamentos de Proteção Individual – E.P.I.**

Nas tarefas executadas pelo ajudante geral, nas áreas de banhos e decapagem, ele coloca e retira todo o material a ser tratado nos tanques, promovendo a movimentação do material processado para a expedição, além de efetuar serviços de caráter penoso, expondo-se a todos os agentes nocivos existentes na empresa. Evidencia-se utilização de proteção individual de forma preventiva, a fim de complementar a proteção coletiva instalada, conforme determina a Norma Regulamentadora (NR) n.º 6 – EPI.

Foi verificado no local de trabalho, bem como nos documentos mantidos pela empresa, a distribuição do equipamento de proteção individual adequado e a utilização correta por parte dos empregados.



**Fig. 7 - Uso de EPI na Decapagem**



**Fig. 8 - Uso de EPI nos banhos**

As figuras acima ilustram a localização e a existência do sistema de ventilação nos locais de trabalho, bem como a utilização dos equipamentos de proteção individuais adequados à atividade e ao risco do local.

## 5.2 Limites de Tolerância

Chamamos a atenção, para o fato de que os Limites de Tolerância, embora definidos como as concentrações ou intensidades máximas ou mínimas, relacionadas à natureza e ao tempo de exposição, que não causarão danos à saúde do trabalhador, cita Carlos Sérgio da Silva, “Infelizmente, é fato que, não só no Brasil, como também em outros países, na prática, esses limites são utilizados como parâmetros seguros, com os quais os trabalhadores estão protegidos em relação à saúde durante toda a sua vida laboral”.

Mas, Castleman et.al questiona: “Quantos trabalhadores em todo mundo adoeceram ou morreram” em virtude dos limites estabelecidos para “protegerem a saúde dos trabalhadores”

## 5.3 Nível de ação – N.A.

Para os fins da NR-09, considera-se nível de ação o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. As ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico.

Deverão ser objeto de controle sistemático as situações que apresentam exposição ocupacional acima dos níveis de ação, conforme indicado nas alíneas que seguem:

- b) Para agentes químicos, a metade dos limites de exposição ocupacional considerados de acordo com a alínea “c” do subitem 9.3.5.1;
- c) para o ruído, a dose de 0,5 (dose superior a 50%), conforme critério estabelecido na NR-15, Anexo nº. 1, item 6 da Portaria 3.214/78.

Diante desta condição, acreditamos que uma ferramenta de maior grau de confiabilidade para essa situação, seria a adoção do Nível de Ação como fator de prevenção, ou seja, um patamar de 50%(cinquenta por cento ) do L.T, que pela restrição apresentada tenderia a minimizar aspectos tais como

“Conforme a situação, a margem de manobra de que o operador dispõe para atingir os objetivos de produção é maior ou menor. Em quase todos os casos, observam-se tentativas por parte dos operadores para antecipar os eventos a vir e planejar o desenvolvimento posterior de sua atividade. Conforme o caso, será uma antecipação cobrindo um prazo bem curto, ou um prazo maior, de um dia ou de uma semana. Esse planejamento é evidentemente reconsiderado a partir de cada evento que surge”. (Wisner, 1987)

“Quando ocorre um incidente ou um acidente grave numa unidade de produção, fala-se muito em erro humano, no sentido em que “alguém deveria ter feito algo diferente do que fez””. Esse modo de falar não ajuda muito a evitar uma repetição de incidente. Pois deveriam ser questionadas as concepções dos dispositivos técnicos, a escolha da apresentação das informações, a organização do trabalho, a definição das formações, etc.

Mais ainda, deveria ser verificado o estado das instalações, os períodos de sobrecarga de trabalho, as variações no entendimento das informações e o estado do organismo do funcionário em termos de ritmo biológico, falta de sono, etc.

“As agressões á saúde identificadas no decorrer de uma análise do trabalho não atingem necessariamente um nível de gravidade que justifique um tratamento ou uma licença médica. Ao contrário, trata-se de localizar sinais precoces, de modo a identificar uma situação de trabalho que solicita de maneira crítica o organismo, as capacidades cognitivas, ou a personalidade dos trabalhadores, antes que apareçam consequências irreversíveis”.

“A ação ergonômica leva em consideração os trabalhadores, individual e coletivamente, como atores do seu trabalho, da construção da sua saúde e de suas competências. Procura, a partir de metodologia e deontologia correspondentes, pôr em evidência o trabalho real em relação ao prescrito, não para reduzir por princípio as diferenças, mas para fazer evoluir os dispositivos técnicos, os meios de comunicação, o conteúdo dos empregos e formações”(GUÉRIN et al, 1997).



susceptibilidade dos trabalhadores, inoperância de EPC's e/ou utilização parcial de EPT's.

Há de se ressaltar que, embora os resultados das avaliações ambientais tenham apresentado valores abaixo dos limites estabelecidos para uma aplicação do Nível de Ação, faz-se necessário um monitoramento periódico para que os mesmos se mantenham nas condições atuais.

#### **5.4 Ventilação Local Exaustora – V.L.E.**

Os critérios técnicos definidos em função do dimensionamento do sistema de ventilação local exaustora, confirmaram níveis aceitáveis e inicialmente não nocivos à população exposta.

No entanto, torna-se imprescindível o controle e monitoramento do sistema com a efetiva manutenção do mesmo, visto que a variável conhecida (velocidade de captura) não é suficiente para caracterizar a eficácia do sistema.

#### **5.5 Alterações Clínicas**

As alterações clínicas encontradas demonstram claramente uma incidência de lesões dermatológicas decorrentes do contato do cromo com a pele lesionada previamente. Através do exame clínico foram encontrados 20 casos (25% do grupo) de funcionários com esta evidência clínica.

#### **5.6 A Ergonomia**

Mas se o objetivo principal é a preservação da saúde do trabalhador deve-se levar em consideração o questionamento de Wisner:

“A grande questão que percorre a Ergonomia é a de seus critérios. Trata-se apenas de assegurar sem grandes problemas o funcionamento do sistema produtivo, ou de obter primeiramente, a saúde plena dos trabalhadores?” (Wisner, 1987)

Nota-se a contribuição da ergonomia enquanto ciência para identificar as características individuais através da construção dos modos operatórios:

## 6. CONCLUSÕES

Após os estudos realizados, considerando os resultados quantitativos e qualitativos dos agentes físicos, químicos e biológicos existentes no P.P.R.A. disponibilizado pela empresa, podemos concluir que nos setores de banhos e decapagem:

### 1) Análise das Condições do Ambiente de Trabalho:

- ✓ Em relação aos agentes físicos, os resultados das análises demonstraram que os mesmos atendem às exigências legais.
- ✓ Em relação aos riscos biológicos, não houve observância da existência de nenhum agente.
- ✓ No que tange aos riscos químicos, os valores encontrados na amostragem dos agentes que fazem parte do processo produtivo (cromo, cobre, níquel e ácidos) apresentaram-se em concentrações abaixo dos limites de tolerância e dos níveis de ação, considerando as normas de uso e reconhecimento nacional e internacional.
- ✓ Mesmo não sendo constatada a existência de níveis de concentração dos agentes químicos acima dos níveis de ação, verificamos os dados referentes à saúde da população exposta. Através da comparação do indicador biológico presente na Norma Regulamentadora de número 7, e comparado ao resultado da dosagem do cromo urinário, o mesmo não apresentou índice de comprometimento tóxico.
- ✓ Corroborar ainda neste sentido, a inobservância por parte do médico coordenador, de doenças ocupacionais estabelecidas em vias respiratórias.

### 2) Correlação entre as condições do ambiente de trabalho em relação a saúde da população exposta:

- ✓ Cabe ressaltar que o número expressivo de casos clínicos considerados como lesões dermatológicas do tipo dermatoses ocupacionais ligadas ao contato com o cromo, foram causadas durante as atividades do processo produtivo.

### 3) Avaliar a eficiência e eficácia do PPRA enquanto ferramenta de HO

- ✓ Embora o P.P.R.A. tenha contemplado os aspectos de antecipação, reconhecimento, avaliação e controle de riscos ambientais, não foi capaz de evitar a ocorrência de 20 casos (25% do grupo estudado) de dermatoses ocupacionais nas tarefas realizadas pelos ajudantes gerais dos setores de decapagem e banhos.

### 4) Análise Ergonômica do Trabalho como complemento ao PPRA

Considerando os preceitos observados na Norma Regulamentadora número 17 onde a análise ergonômica do trabalho é um processo construtivo e participativo para a resolução de um problema complexo, que exige o conhecimento das tarefas, da atividade desenvolvida para realizá-la e das dificuldades enfrentadas para se atingir o desempenho e a produtividade exigidos. Logo, acreditamos ser a Análise Ergonômica do Trabalho ferramenta complementar para o entendimento das atividades realizadas pelos ajudantes gerais dos referidos setores.

A partir da identificação de todas as ações que fazem parte do modo operatório realizado; do entendimento do papel dos atores enquanto responsáveis pelo atendimento das demandas de produção; considerando ainda as características das instalações; e observando as limitações e margens de manobra necessárias para que as atividades sejam realizadas, a A.E.T. (Análise Ergonômica do Trabalho) deverá identificar os eventos causadores das dermatoses ocupacionais decorrentes das atividades no processo produtivo dos setores de banhos e decapagem.

Na prática, apesar do caráter obrigatório da A.E.T. através da NR 17, é comum encontrarmos apenas a integração entre o P.P.R.A. e o P.C.M.S.O.

No entanto, entendemos ser a Análise Ergonômica do Trabalho, ferramenta que poderá complementar de forma sinérgica a relação entre os programas, atingindo o objetivo maior da Higiene Ocupacional, que é a preservação da saúde dos trabalhadores.

## **7 Bibliografia**

### **7.1 Lista de Referências**

1. (Silva, P.F.: introdução a corrosão e proteção das superfícies metálicas. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 1981. 357p
2. Silva, C.S.: estudo sobre a saúde dos trabalhadores de galvanicas por meio das avaliações ambientais, biológicas e otorrinolaringológicas. São Paulo: FUNDACENTRO, 1999. 196p.
3. Saliba, T.M.; Corrêa, M.A.C. Insalubridade e periculosidade. São Paulo: LTr, 2002. 325p
4. Ali, S. A.: atlas de dermatoses ocupacionais. São Paulo: FUNDACENTRO, 1981. CD-ROM
5. Mendes, R.: patologia do trabalho. 4.ed. atual..São Paulo: Ateneu, 1998. 608p
6. Wisner, A. – Por dentro do trabalho: ergonomia: método& técnica. Tradução Flora Maria Gomide Vezzà. São Paulo: FTD: Oboré, 1987. 189p

### **7.2 Bibliografia Recomendada**

1. Possibom, W. L. P.: nr's 7, 9, 17 métodos para elaboração dos programas. São Paulo: LTr, 2001. 199 p.
2. Sounis, E.: manual de higiene e medicina do trabalho. São Paulo: Ed. Ícone, 1991. 225 p.
3. Sobrinho, F. V.: ventilação local exaustora em galvanoplastia. São Paulo: FUNDACENTRO, 1996. 185 p.
4. Convenção coletiva: sindicato da indústria de proteção, tratamento e transformação de superfícies do estado de são paulo. São Paulo: SINDISUPER, 2003. 65 p.